

**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZONICA  
ESCUELA DE INGENIERIA AMBIENTAL**



**PROYECTO DE INVESTIGACION Y DESARROLLO  
PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE:  
INGENIERO AMBIENTAL**

**CARACTERIZACIÓN FÍSICO, QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DEL  
EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES DE LA CIUDAD PABLO SEXTO EN EL RIO TUNANTS  
EN EL AÑO 2016.**

**AUTOR:**

**Luis Javier Quinatoa Valente**

**TUTOR:**

**MSc. Alberto Vélez Cevallos**

**PUYO – ECUADOR**

**2016**



## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

Yo, Luis Javier Quinatoa Valente declaro que el trabajo aquí escrito es de mi autoría, previo a la obtención del título de ingeniero ambiental; que no ha sido presentado antes para la obtención de ningún grado o calificación profesional.

---

**Luis Javier Quinatoa Valente**

**C.I.: 160084968-9**

## **CERTIFICADO DEL TUTOR**

En mi calidad de Director del proyecto de investigación y desarrollo denominado **“Caracterización Físico, Químico y Microbiológico del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad Pablo Sexto en el río Tunants”** del autor: **Luis Javier Quinatoa Valente** con CI: **160084968-9**, egresado de la carrera de Ingeniería Ambiental, considero que reúnen los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del jurado examinador designado por el consejo directivo.

---

**Ing. Alberto Vélez Cevallos MSc.  
DOCENTE-TUTOR  
CARRERA DE AMBIENTAL**



**EL PROYECTO DE INVESTIGACION Y DESARROLLO FUE  
REVISADO Y APROBADO POR EL SIGUIENTE TRIBUNAL DE  
GRADO:**

---

**Dr. Roldán Torres**  
**Presidente de tribunal**

---

**MSc. Karel Diéguez**  
**Miembro de tribunal**

---

**Msc. Leo Rodríguez**  
**Miembro de tribunal**

## **Agradecimiento.**

A Dios por haberme dado la vida, Fuerza y salud para superarme día a día.

A mis padres en especial a mi madre María Valente y a mi hermana Patricia Quinatoa por ser los pilares fundamentales de apoyo para cumplir mis anhelos metas y sueños.

Al Alcalde Tlgo. Rafael Antuni, por la apertura que me ha brindado para el desarrollo de este proyecto de investigación y desarrollo de igual manera al Ing. Flavio Pañi, Técnico ambiental del GAD Municipal del Cantón Pablo Sexto.

Al MSc. Alberto Vélez por todo el apoyo durante el desarrollo de este tema de proyecto.

A la Fundación Naturaleza y Cultura Internacional por la ayuda técnica y logística del Ing. Augusto Flores.

A Todos los profesores Universitarios que me brindaron de sus conocimientos durante la carrera, de igual manera a los laboratoristas Dra. Darwin Viafara y al Dr. Jorge Reyes.

A Todos mis compañeros/as, amigos/as en especial a Diego Fonseca y Jinson Martínez por el apoyo técnico en el presente proyecto.

A todos Gracias.

## **RESUMEN EJECUTIVO**

**PALABRAS CLAVES:** Análisis, agua residual, calidad, río

El presente proyecto de investigación y desarrollo en la planta de tratamiento de agua residual (PTAR) del Cantón Pablo Sexto, perteneciente a la Provincia de Morona Santiago. Considerando que el tratamiento de aguas residuales constituye una medida de mitigación que ayuda a disminuir y controlar la contaminación de las cuenca hídricas este debe ser controlado y evaluado continuamente. Por ello el presente proyecto tienen como objetivo el diagnóstico del funcionamiento la planta de tratamiento de agua residual de esta ciudad y el análisis de los parámetros físico, químico y de coliformes totales del efluente de la planta de tratamiento sobre el río Tunanza, para verificar el cumplimiento de la legislación ecuatoriana en referencia a los límites máximos permisibles de descarga de vertidos sobre un cuerpo de agua dulce.

El desarrollo del presente proyecto verifica que la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Pablo Sexto actualmente no está en funcionamiento por diferentes motivos técnicos, además se expone que el caudal de ingreso a la PTAR se encuentra diluido ya que las concentraciones de los contaminantes en el agua no corresponden a las características de un agua residual urbana presentando valores por debajo de los esperados teóricamente.

## **EXECUTIVE SUMMARY AND KEY WORDS**

**KEY WORDS:** Analysis, Quality, Residual water, River

This research and development project in the plant wastewater treatment plant (WWTP) of Pablo Sexto Canton, belonging to the province of Morona Santiago. Whereas wastewater treatment constitutes a mitigation measure that helps reduce and control pollution of the water basin this should be monitored and continuously evaluated. Therefore this project aim diagnosing operation plant wastewater treatment of this city and analysis of physical, chemical and total coliforms effluent treatment plant on Tunanza river parameters, to verify the compliance with Ecuadorian law in reference to the maximum permissible effluent discharge limits on a body of fresh water. The development of this project verifies that the treatment plant wastewater from the city of Pablo Sexto is not currently running for various technical reasons, also exposed the flow of income to the WWTP is diluted because the concentrations of pollutants in water do not correspond to the characteristics of an urban wastewater showing values below the expected theoretically.

# 1. Tabla de contenido

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN .....	13
1.2 Problema de investigación.....	14
1.3 Hipótesis de la investigación. ....	14
1.4 Objetivos.....	14
1.4.1 Objetivo general.....	14
1.4.2 Objetivos específicos. ....	15
CAPITULO II. FUNDAMENTACION TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
2.1 Marco Teórico .....	16
2.1.1 Aguas residuales .....	16
2.1.2 Aguas superficiales .....	16
2.1.3 Ríos.....	16
2.1.4 Contaminantes del agua. ....	17
2.1.4.1 Clasificación de los contaminantes de las aguas residuales. ....	17
2.1.5 Procesos para tratamiento de agua residuales.....	21
2.1.5.1 Desarenadores. ....	21
2.1.5.2 Fosas sépticas. ....	21
2.1.5.3 Lagunas. ....	22
2.1.5.3.1 Lagunas Facultativas. ....	23
2.2 Marco legal.....	24
2.2.1 Normativa ecuatoriana vigente del TULSMA, Libro VI, Anexo 1. ....	24
CAPITULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	27
3.1 Localización.....	27
3.2 Tipo De Investigación .....	28
3.3 Métodos de investigación .....	29
3.3.1 Metodología para primer objetivo: Diagnosticar del funcionamiento actual de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Pablo Sexto mediante los parámetros físicos, químicos y de coliformes totales del efluente y el río Tunants.....	29
3.3.1.1 Oxígeno disuelto.....	30
3.3.1.2 pH .....	31
3.3.1.3 Conductividad .....	32
3.3.1.4 Turbiedad.....	34

3.3.1.5	Solidos totales.....	35
3.3.1.6	Solidos sedimentables.....	37
3.3.1.7	Solidos suspendidos totales.....	38
3.3.1.8	DQO.....	40
3.3.1.9	DBO5.....	41
3.3.1.10	Fosforo Total.....	43
3.3.1.12	Nitratos.....	46
3.3.1.13	Nitritos.....	47
3.3.1.14	Coliformes Totales.....	47
3.3.1.15	Coliformes Fecales.....	48
3.3.2	Metodología para el segundo objetivo: Diagnosticar el estado actual de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Pablo Sexto.....	49
3.3.3	Metodología para el tercer objetivo: Determinar el caudal del efluente de la Planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad Pablo Sexto y de la quebrada del río Tunanza.....	50
3.4	Diseño de la investigación.....	52
3.4.1	Puntos de muestreo.....	53
3.4.2	Protocolo de muestreo de agua.....	54
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		57
4.1	Diagnostico del funcionamiento de la PTAR de la Ciudad de Pablo Sexto.....	57
4.2	Resultado objetivo:.....	63
	Determinación del caudal mediante Molinete.....	63
4.3	Resultados análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos.....	67
CAPÍTULO V CONCLUSION Y RECOMENDACION.....		71
5.1	Conclusión.....	71
5.2	Recomendaciones.....	72
CAPITULO VI.....		73
BIBLIOGRAFIA.....		73
ABREVIATURAS.....		74
CAPITULO VI. ANEXOS.....		75
6.1	Anexo 1. Señalética para la planta de tratamiento de agua residuales de la ciudad Pablo Sexto.....	75
6.2	Anexo 2. Fotografías de campo.....	78
6.3	Anexo 3.- Fotografías monitoreo y análisis.....	79



## **CAPITULO I. INTRODUCCIÓN**

Cuando un vertido de agua residual sin tratar llega a un cauce produce varios efectos sobre el medio ambiente como el aumento la eutrofización al portar grandes cantidades de fósforo y nitrógeno, reducción de niveles de oxígeno disuelto en el agua, disminución de la biodiversidad, degradación y sustitución de especies, contaminación de sedimentos, bioacumulación de compuestos tóxicos, salinización, acidificación de lagos etc. por lo que es absolutamente necesario el tratamiento de estas aguas residuales (Osorio Robles, Torres Rojo, & Sánchez Bas, 2010).

En el cantón Pablo Sexto de la Provincia de Morona Santiago el agua residual urbana está formada por la reunión de las aguas residuales procedentes del alcantarillado municipal, las mismas compuestas por la mezcla de aguas fecales y aguas lluvias.

Para el tratamiento de estas aguas residuales el cantón Pablo Sexto cuenta con una laguna de oxidación, la misma actualmente se encuentra sin un adecuado manejo técnico por la falta de recursos económicos del Gobierno autónomo descentralizado del Cantón Pablo Sexto.

Con el objetivo de cumplir con Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental donde se establece la cantidad máxima de contaminante que puede ser vertido, el Gobierno autónomo descentralizado del Cantón Pablo Sexto solicitó mediante el convenio establecido con la Fundación Naturaleza y Cultura Internacional (FNCI) departamento de gestión ambiental a la Universidad Estatal Amazónica la evaluación de la capacidad de depuración actual de la dicha laguna de oxidación, esto mediante el convenio de cooperación que se mantiene actualmente entre dichas instituciones, siendo esto parte de los objetivos universitarios el resolver problemas de la sociedad mediante la vinculación.

El diagnóstico del tratamiento aguas residuales de la ciudad de Pablo Sexto se determinó mediante análisis para el cumplimiento de las normativas nacional vigente: sólidos totales, solidos sedimentables, solidos suspendidos totales, D.B.O.5 (Demanda biológica o bioquímica

del oxígeno durante 5 días) cuanto más alto es este valor peor calidad tiene el agua, D.Q.O. (Demanda Química de Oxígeno), Nitrógeno, Fósforo.

Debido a la falta de manejo técnico se considera actualmente que eficiencia de la laguna de oxidación para el tratamiento de estas aguas residuales no es la óptima, por lo que se hace necesario tener en cuenta tanto la cantidad de contaminante vertido actualmente al río Tunants así como su comportamiento posterior en el medio.

Estos resultados permitirán conocer la distribución espacial y temporal de la concentración esperada en el medio natural en este caso el río Tunants como consecuencia del vertido que procede de la laguna de oxidación que se usa en el tratamiento de las aguas residuales del cantón Pablo Sexto.

## **1.2 Problema de investigación.**

La eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales del Cantón Pablo Sexto no es la óptima produciendo un impacto ambiental sobre la quebrada del río Tunants.

## **1.3 Hipótesis de la investigación.**

Los efluentes vertidos de la planta de tratamiento de aguas residuales del Cantón Pablo Sexto alteran la calidad del agua de la quebrada del río Tunants.

## **1.4 Objetivos.**

### **1.4.1 Objetivo general.**

Diagnósticar del funcionamiento actual de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Pablo Sexto mediante los parámetros físicos, químicos y de coliformes totales del efluente y el río Tunants.

#### 1.4.2 Objetivos específicos.

- Diagnosticar la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Pablo Sexto.
- Determinar el caudal del efluente de la Planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad Pablo Sexto y de la quebrada del río Tunanza.

# **CAPITULO II. FUNDAMENTACION TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

## **2.1 Marco Teórico**

### **2.1.1 Aguas residuales**

Se denominan aguas servidas aquellas que resultan del uso doméstico o industrial del agua. Son residuales, pues habiendo sido usada el agua, constituyen un residuo, algo que no sirve para el usuario directo; son negras por el color que habitualmente tienen. (Romero Rojas, 1999)

Existiendo una diferencia entre agua servidas y aguas residuales el sentido que las primeras solo provendrían del uso doméstico y las segundas corresponderían a la mescal de aguas domesticas e industriales.

Concretando por todas aquellas aguas que son conducidas por el alcantarillado e incluyen a veces la agua lluvia y las infiltraciones del agua del terreno.

Definiendo las aguas residuales a aquellas aguas usadas y los sólidos que por uno u otro medio se introducen en las cloacas y son transportadas mediante el Sistema de alcantarillado (Romero Rojas, 1999).

De la misma manera que en las aguas naturales, en las aguas residuales se miden las características físicas, químicas y biológicas, para establecer principalmente., las cargas orgánicas y de sólidos que transportan a fin de determinar efectos del vertimiento a cuerpos de agua y seleccionar las operaciones y los procesos de tratamiento que resulten más eficientes y económicos.

### **2.1.2 Aguas superficiales**

Toda aquella agua que fluye o almacena en la superficie del terreno.

### **2.1.3 Ríos.**

Corriente de agua natural, perenne o intermitente, que desemboca a otras corrientes, embalses naturales o artificiales, lagos, lagunas o al mar. (MAE, 2014)

## 2.1.4 Contaminantes del agua.

Cualquier sustancia que impida el uso normal del agua debe considerarse como un contaminante de la misma. La contaminación del agua es el resultado de la descarga incontroladas de aguas residuales sanitarias sobre las Corrientes o masa de agua. Esta contaminación o degradación tiene mayor o menor intensidad dependiendo de la abundancia y concentración orgánica del agua residual, del caudal y contenido del oxígeno disuelto en la corriente receptora.

Las Zonas residenciales y los centros comerciales constituyen las principales fuentes de generación de aguas residuales urbanas, por lo tanto, la cantidad de agua residual depende directamente de la cantidad de población, por ello es muy típico hacer una determinación del caudal del agua residual en función de la población equivalente. El caudal de aguas residual es variable a lo largo del día. Y también a lo largo del año (Metcalf and Eddy, 1995).

La composición de las aguas residuales también pueden ser muy variable, pues depende de muchos factores los mismos se pueden apreciar unos valores típicos de parámetros Físico-químicos y microbiológicos de aguas residuales urbanas en función del grado de contaminación.

### 2.1.4.1 Clasificación de los contaminantes de las aguas residuales.

Entre los distintos elementos contaminantes que contiene el agua residual urbana, cabría descartar la materia orgánica, procedente principalmente de las aguas domésticas; estos compuestos son de naturaleza reductora, por lo que consumirán oxígeno, y pueden estar presentes de forma coloidal o disuelta. Además existe la presencia de elementos de naturaleza inorgánica, que pueden ser de muy distinta composición, desde nutrientes como el nitrógeno y el fosforo, hasta sustancias tóxicas y peligrosas. (Nieto & García, 2003)

Los contaminantes que habitualmente se encuentran en las aguas residuales, son:

- Aceites y Grasas: Son aquellas sustancias de naturaleza lipídica, que al ser inmiscibles con el agua, van a permanecer en la superficie dando lugar a la aparición de natas y espumas
- Arenas: Son una serie de partículas de tamaño apreciable y que en su mayoría son de naturaleza mineral, en su mayoría pueden llevar adherida materia orgánica.
- Agentes patógenos: Son organismos que pueden ir en mayor o menor cantidad en el agua residual y que son capaces de producir o transmitir enfermedades.

- Nitrógeno y fósforo: Su comportamiento en las aguas residuales principalmente es debido a los detergentes y fertilizantes.
- Otros contaminantes específicos: Se incluye sustancias de naturaleza muy diversa que provienen de aportes muy concretos, metales pesados, fenoles, petróleo, pesticidas, etc.

#### 2.1.4.2 Indicadores físico-químico de las aguas residuales

- Temperatura.

La temperatura del agua residual es por lo general mayor que la temperatura del agua para abastecimiento como consecuencia de la incorporación de agua caliente proveniente del uso doméstico e industrial. La medición de la temperatura es importante, ya que muchos de los sistemas de tratamiento de aguas residuales incluyen procesos biológicos que dependen de la temperatura. Además es un parámetro muy importante porque afecta directamente las reacciones químicas y las velocidades de reacción, la vida acuática y la adecuación del agua para fines benéficos. Un incremento de la temperatura puede causar cambios en la efectividad del tratamiento (Crites & Tchobanoglous, 2000).

- Turbiedad

La turbiedad, como medida de las propiedades de dispersión de la luz de las aguas, es otro parámetro usado para indicar la calidad de las aguas naturales y las residuales tratadas con relación al material residual en suspensión coloidal. La medición de la turbiedad se realiza por comparación entre la intensidad de luz dispersa en una muestra y la luz dispersa por una suspensión de referencia bajo las mismas condiciones (Standard methods, 1995).

- pH

La expresión usual para medir la concentración del ion hidrógeno en una solución está en términos del pH, el cual se define como el logaritmo negativo de la concentración de ion hidrogeno; la concentración del ion hidrógeno se mide generalmente en forma instrumental empleando un pH metro. También se emplean soluciones y papeles indicadores que cambian de color a diferentes calores de pH (Crites & Tchobanoglous, 2000).

- Conductividad

La conductividad eléctrica de aguas es la medida de la capacidad de una solución para concluir la corriente eléctrica. Como la corriente eléctrica es transportada por iones en solución, el aumento en la concentración de iones provoca un aumento en la conductividad. Por lo tanto, el valor de la medida de CE es usado como un parámetro sustituto de la concentración de sólidos disueltos totales. En la actualidad, el parámetro más importante para determinar la posibilidad de uso de un agua para riego es la CE; es así como la salinidad de determinada agua residual tratada que se desea usar para riego se establece mediante la medición de su conductividad eléctrica (Crites & Tchobanoglous, 2000).

- DBO

La DBO es el método usado con mayor frecuencia en los campo de tratamiento de las aguas residuales. Si existe suficiente oxígeno disponible, la descomposición biológica aerobia de un desecho orgánico continuara hasta que el desecho se haya consumido. Tres actividades más o menos diferenciales pueden ocurrir. Primero una parte del desecho se oxide a productos finales y con ellos los microorganismos obtienen energía para el mantenimiento de la células y la síntesis de nuevo tejido celular. Simultáneamente, otra fracción del desecho se convierte en tejido celular nuevo empleado la energía liberada durante la oxidación. Por último, cuando se consume la materia orgánica (Crites & Tchobanoglous, 2000).

- DQO.

La prueba de la DQO es usada para medir el material orgánico presente en las aguas residuales, Algunas razones para explicar tal diferencia se enumeran a continuación:

- Muchas sustancias orgánicas las cuales son difíciles de oxidar biológicamente, tales como la lignina, pueden ser oxidadas químicamente.
- Las sustancias inorgánicas que se oxidan con dicromato aumenta evidentemente el contenido orgánico de la muestra

- Algunas sustancias orgánicas pueden ser tóxicas para los microorganismos usados en la prueba de DBO.
- Valores altos de DQO se pueden obtener por la presencia de sustancias inorgánicas con las cuales el dicromato puede reaccionar.
- Desde el punto de vista operacional, una de las principales ventajas de la prueba de la DQO estriba en que se puede completar reduciendo el tiempo de prueba rápida que se han desarrollado de DQO que tarda solo 15 minutos. (Crites & Tchobanoglous, 2000).

El análisis de la DQO usa la oxidación química, para que se efectuara la misma reacción que provocan los microorganismos con la materia orgánica, pero ahora de manera enérgica, el carbono es oxidado a anhídrido carbónico, permaneciendo el nitrógeno amino amoniacal en su mismo grado de oxidación, el nitrógeno correspondiente a los nitritos se oxida a nitratos (Rodríguez, 2005).

- Fósforo.

El fósforo también es importante en el crecimiento de algas y otros organismos biológicos. Debido al nocivo crecimiento incontrolado de aguas superficiales, se han realizado grandes esfuerzos para controlar la cantidad de compuestos del fósforo provenientes de descargas de aguas residuales domésticas, industriales y de escorrentía natural (Crites & Tchobanoglous, 2000).

- Nitrógeno.

Dado que el nitrógeno y el fósforo son esenciales para el crecimiento biológico, reciben el nombre de nutrientes o bioestimuladores. Cantidades traza de otros elementos, como el hierro, también son necesarios para el crecimiento biológico pero el nitrógeno y los fósforos son en la mayoría de los casos los nutrientes más importantes. Debido a que el nitrógeno es esencial para la síntesis de proteínas, se necesitan conocer datos sobre la presencia de este nutriente a la hora de evaluar la tratabilidad del agua residual mediante procesos biológicos (Crites & Tchobanoglous, 2000).

## 2.1.5 Procesos para tratamiento de agua residuales.

### 2.1.5.1 Desarenadores.

La eliminación de arena y o sólidos abrasivos de elevada densidad previene la decantación en tuberías y canales o acumulación en procesos posteriores como la digestión. El problema de la arena se presenta en las instalaciones en donde hay recogida superficial de aguas de lluvia con el consiguiente arrastre de arenas especialmente durante tormentas.

Los Desarenadores estáticos se utilizan para caudales pequeños y consisten en un simple canal en el que se almacenan arena decantada hasta su eliminación. La arena se elimina de forma manual y con el desarenador fuera de servicio por lo que es necesaria una unidad de reserva en paralelo para poder proceder a su limpieza (Isla de Juana, 2005).

### 2.1.5.2 Fosas sépticas.

Según Isla de Juana en el 2005 da a conocer que este sistema de tratamiento de aguas residuales se utiliza para pequeños núcleos de población, viviendas aisladas o instalaciones de pequeño tamaño. Elimina principalmente sólidos en suspensión y en menor cuantía DBO. Por su sencillez se han utilizado ampliamente en todo el mundo, actualmente debido a su baja eficiencia deben ir seguidas de otro tratamiento posterior que complemente la eliminación de materia orgánica disuelta (DBO) (Isla de Juana, 2005).

Consiste en una cámara o depósito que normalmente se sitúa enterrado o enrasado con el terreno y consta de dos o tres compartimientos, el primero sería la fosa séptica propiamente dicha y en él se produce una decantación de sólidos en suspensión que se almacenan en el fondo, el agua circula longitudinalmente por la mitad superior de este compartimiento reservándose la zona más profunda para el almacenamiento de los sólidos decantados, dado que el tiempo de almacenamiento es largo se produce una digestión anaerobia a temperatura ambiente. Debido a la temperatura de digestión es muy lenta y se necesitarían varios meses para obtener unos resultados similares a los que se obtendrían en un digestor anaerobio que trabaja a temperatura normal de digestión entre 30 y 40°C.

Debido a que en el fondo de la cámara se produce una digestión anaerobia hay una generación de gases de fermentación como metano, dióxido de carbono, etc., por lo que es necesario prevenir venteos en cada cámara y tomar las debidas precauciones para mantenimiento de la fosa como bocas de hombre en cada cámara de al menos de 50 cm de diámetro.

Las ventajas de la fosa séptica son su sencillez, economía y facilidad de operación y sus inconvenientes son, la producción de malos olores, el bajo rendimiento en cuanto a eliminación de DBO y la necesidad de una retirada periódica de los fangos acumulados mediante sistemas que suelen ser caros como el camión cisterna “chupona”. Estos se deben enviar a una depuradora municipal para su tratamiento o secar en eras de secado previamente a su disposición final. Otro problema que se puede presentar es una acumulación de grasas y floculantes que obligue a incrementar las labores de mantenimiento, estos residuos flotantes se deben retirar en la fosa, mediante un tipo de deflector, siendo necesario realizar la extracción del efluente a un nivel intermedio por debajo de la superficie del agua (Isla de Juana, 2005).

#### 2.1.5.3 Lagunas.

Las lagunas básicamente consisten en un almacenamiento del agua a tratar durante periodos suficientemente largos para que produzca una oxidación de la materia orgánica por las bacterias, en las de tipo aerobio el aporte de oxígeno es debido al crecimiento de las algas en el medio. (Isla de Juana, 2005)

Las lagunas son consideradas tratamientos blandos y por lo tanto se deben caracterizar por lo siguiente:

- Sencillez de operación y mantenimiento.
- Bajo consumo energético
- Interacción en el medio ambiente
- Coste de inversión moderado.

Las lagunas cumplen razonablemente con los requisitos siempre y cuando el terreno a ocupar sea barato, en caso contrario puede ser un sistema prohibitivo dada la superficie ocupada.

Hay varios tipos de lagunas:

- *Aerobias*: Son las que en todo el volumen de agua la concentración de oxígeno es suficiente para que prevalezca el desarrollo de bacterias aerobias.
- *Anaerobias*: En este tipo a consecuencia de la falta de oxígeno se desarrollan bacterias de tipo anaerobio, normalmente predomina la presencia de fangos en las laguna.
- *Facultativas*: En la parte más profunda se almacenan fangos y predominan las condiciones anaerobias y en la zona superior está el agua clarificada y el oxígeno es suficiente para las condiciones aerobias.
- *Aireadas*: Tanto la mezcla entre diferentes profundidades como la aportación de oxígeno se consigue mediante aireadores mecánicos.
- *Maduración*: son lagunas aerobias de poca profundidad que se utilizan para la reducción de bacterias patógenas.

Los distintos tipos de lagunas se disponen en serie con el siguiente orden: Anaerobias /Facultativas /Aerobias/ maduración.

#### 2.1.5.3.1 Lagunas Facultativas.

Las lagunas más utilizadas y se caracterizan por tener una zona profunda sin oxígeno y con abundante fango en la que se desarrollan bacterias de tipo anaerobio, una zona de transición en la que predominan las bacterias facultativas y una zona rica en oxígeno en la que predominan las bacterias en tipo aerobio. (Certain, Amaya Molinares, & Pearson Arrieta, 2007)

El aporte de oxígeno a la zona aerobia viene dado en parte por el contacto superficial del agua con el aire. Pero el principal aporte de oxígeno es debido a la proliferación de algas que en su respiración lo generan, la presencia de algas está limitada a la profundidad de penetración de la luz en la laguna que no suele ser mayor de un metro a causa de que la propias algas actúan de barrera (Certain, Amaya Molinares, & Pearson Arrieta, 2007).

Un factor añadido a la profundidad de penetración del oxígeno es los vientos fuertes pues estos especialmente en lagunas grandes pueden llegar a mezclar toda la masa de laguna. Asimismo se pueden producir corrientes convectivas que favorecen la mezcla cuando la temperatura del aire es menor que el agua y se enfrían las aguas superficiales. Cualquier tipo de mezcla favorece el

desarrollo de las algas y mejora el rendimiento. La profundidad de estas lagunas oscila entre 2.0 y 3.0 m y viene condicionada por dos factores (Isla de Juana, 2005):

- Variaciones de temperatura
- Presencia de sólidos sedimentales.

Cuando más profunda es, más capacidad tiene para almacenar los sólidos que le llegan, así como más capacidad de tratamiento en tiempo frío gracias a que la zona anaerobia en donde se almacena el fango queda más aislada del frío, las profundidades mayores sirven además para evitar :

- Grandes variaciones de temperatura del día a la noche.
- Elevación de la capa de fangos.
- Producción de olores.

Estas lagunas desprenden gas en la capa anaerobia donde se almacenan los sólidos, el desprendimiento de gas aumenta exponencialmente con la temperatura. (Isla de Juana, 2005).

## **2.2 Marco legal**

### **2.2.1 Normativa ecuatoriana vigente del TULSMA, Libro VI, Anexo 1.**

La presente norma técnica ambiental es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

La norma tiene como objetivo la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, en lo relativo al recurso agua. El objetivo principal de la presente norma es proteger la calidad del recurso agua para salvaguardar y preservar la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general. Las acciones tendientes

a preservar, conservar o recuperar la calidad del recurso agua deberán realizarse en los términos de la presente Norma (MAE, 2014).

Normas generales para descarga de efluentes, tanto al sistema de alcantarillado, como a los cuerpos de agua:

4.2.1.1 El regulado deberá mantener un registro de los efluentes generados, indicando el caudal del efluente, frecuencia de descarga, tratamiento aplicado a los efluentes, análisis de laboratorio y la disposición de los mismos, identificando el cuerpo receptor.

4.2.1.3 Se prohíbe la utilización de cualquier tipo de agua, con el propósito de diluir los efluentes líquidos no tratados.

4.2.1.6 Las aguas residuales que no cumplan previamente a su descarga, con los parámetros establecidos de descarga en esta Norma, deberán ser tratadas mediante tratamiento convencional, sea cual fuere su origen: público o privado. Por lo tanto, los sistemas de tratamiento deben ser modulares para evitar la falta absoluta de tratamiento de las aguas residuales en caso de paralización de una de las unidades, por falla o mantenimiento.

4.2.1.8 Los laboratorios que realicen los análisis de determinación del grado de contaminación de los efluentes o cuerpos receptores deberán haber implantado buenas prácticas de laboratorio, seguir métodos normalizados de análisis y estar certificados por alguna norma internacional de laboratorios, hasta tanto el organismo de acreditación ecuatoriano establezca el sistema de acreditación nacional que los laboratorios deberán cumplir.

4.2.1.11 Se prohíbe la descarga de residuos líquidos sin tratar hacia el sistema de alcantarillado, o hacia un cuerpo de agua, provenientes del lavado y/o mantenimiento de vehículos aéreos y terrestres, así como el de aplicadores manuales y aéreos, recipientes, empaques y envases que contengan o hayan contenido agroquímicos u otras sustancias tóxicas.

4.2.1.14 El regulado deberá disponer de sitios adecuados para caracterización y aforo de sus efluentes y proporcionarán todas las facilidades para que el personal técnico encargado del control pueda efectuar su trabajo de la mejor manera posible.

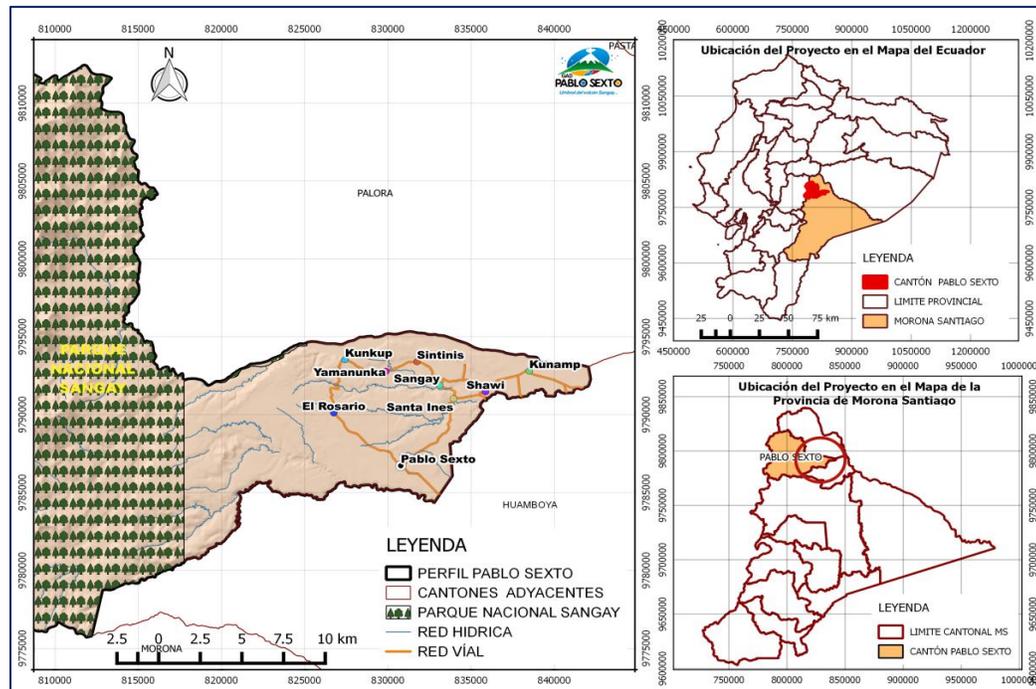
<b>LIBRO VI ANEXO 1 TABLA 12.</b> <b>Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce</b>			
Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Cloruros	Cl <sup>-</sup>	mg/l	1 000
Coliformes Fecales	Nmp/100 ml		<sup>8</sup> Remoción > al 99,9 %
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O <sub>5</sub> .	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	250
Nitratos + Nitritos	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/l	10,0
Fósforo Total	P	mg/l	10
Sólidos Sedimentables		mg/l	1,0
Sólidos Suspendidos		mg/l	100
Totales Sólidos totales		mg/l	1 600
Temperatura		°C	< 35

<sup>8</sup> Aquellos regulados con descargas de coliformes fecales menores o iguales a 3 000, quedan exentos de tratamiento.

**Tabla 1.** L.M.P. De descarga hacia un cuerpo de agua dulce **Fuente:** TULSMA- MAE  
**Adaptación:** Luis Quinatoa.

# CAPITULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

## 3.1 Localización



**Figura 1.** Ubicación del cantón pablo sexto. **Fuente:** CONALI 2014 – MAE- SIN – GADMPS elaborado por: Ing. Flavio Pañi – Técnico Ambiental.

La caracterización de las Aguas residuales de la planta de tratamiento se llevó a cabo en la Provincia de Morona Santiago, Cantón Pablo Sexto en la ciudad de Pablo Sexto la misma se encuentra localizada en la zona noroeste de la Provincia de Morona Santiago. Desde su cabecera cantonal a la ciudad de macas se encuentra a 58 Km., a 6 km de la ciudad de Huamboya y a 17 Km. de la troncal amazónica. El cantón Presenta una altitud entre 1000 a 1200 m.s.n.m con temperatura promedio de 18 y los 24 C°, con humedad relativa promedio del 86% - 89 %. El clima muy variado que va desde muy húmedo, sub húmedo templado hasta muy húmedo tropical (GAD municipal de Pablo Sexto, 2014).

El Cantón Pablo Sexto tiene una extensión aproximada de 1.392.72 kilómetros cuadrados.

Pablo Sexto pertenece a uno de los doce cantones de la provincia de Morona Santiago, administrativamente está conformado por una sola parroquia la misma que abarca las comunidades urbanas y rurales del cantón (GAD municipal de Pablo Sexto, 2014).

## **Población**

Según los datos levantados en el último Censo de Población y Vivienda del INEC - 2010, el cantón Pablo Sexto en el año 2010 mantenía una población de 1823 habitantes, de los cuales 941 son hombres que equivalen al 51.62% y 882 son mujeres, es decir, 48.38% del total. Tiene una elevada tasa de crecimiento poblacional con respecto a la media provincial, con valor de 4.76%, por lo que su población proyectada al año 2015 fue de 2296 habitantes.

A continuación se presenta un resumen de la población proyecta por comunidades y del centro cantonal, tal como se puede observar en el siguiente cuadro (GAD municipal de Pablo Sexto, 2014):

<b>POBLACIÓN</b>	<b>NÚMERO DE HABITANTES</b>
Pablo Sexto( Cabecera Cantonal )	904
El Rosario	442
Kunamp	146
Sangay	54
Santa Inés	208
Shawi	256
Yamanunka	147
Sintinis	96
Kunkup	43
<b>TOTAL</b>	<b>2296</b>

**Tabla 2.** Censo Población del 2010 **Fuente:** INEC 2010

**Adaptado por:** Luis Quinatoa

### **3.2 Tipo De Investigación**

Para el presente proyecto de investigación y desarrollo se utilizaron los métodos descriptivos para el diagnóstico de la PTAR de la ciudad de Pablo Sexto y métodos analíticos para los resultados de los parámetros Físico, Químicos ex-situ realizados en el laboratorio de aguas de la Escuela de Ingeniería ambiental de la Universidad Estatal Amazónica. De la misma manera los análisis de coliformes totales se los realizó en el laboratorio de aguas de la Universidad Nacional de Chimborazo, mediante dichos análisis se estimó la cantidad existente del contaminantes en el agua, además con una comparación del vertimiento de efluente en cotas del vertedero del efluente se determinó el comportamiento en el medio natural. Las

metodologías de investigación del presente trabajo serán válidas para tener un enfoque claro de la cantidad del contaminante del efluente vertido en la quebrada del río Tunanza.

### 3.3 Métodos de investigación

3.3.1 Metodología para primer objetivo: Diagnosticar del funcionamiento actual de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Pablo Sexto mediante los parámetros físicos, químicos y de coliformes totales del efluente y el río Tunants.

Mediante las tomas de muestras realizadas del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales y en las del río Tunanza en distintos días se determinó analíticamente los parámetros físico-químico, y microbiológico de coliformes totales. Las muestras fueron transportadas mediante el protocolo y cadena de custodia hasta el laboratorio de aguas de la Universidad Estatal Amazónica y de la Universidad Nacional de Chimborazo y para establecer parámetros de calidad para descarga de un efluente hacia un cuerpo de agua dulce. Con los resultados sirvieron para constatar el cumplimiento de la normativa vigente.

**Tabla 3.** Métodos, parámetros físicos básicos.

<b>PARAMETROS</b>	<b>NORMATIVA</b>	<b>EQUIPO</b>
<b>PH</b>	4500 B electrométrico Método Estándar 22nd Edición.	Multiparamétrico
<b>CONDUCTIVIDAD</b>	2510 B Método Estándar 22nd Edición.	Multiparamétrico
<b>OXIGENO DISUELTO</b>	4500/o membrana electrodo Método Estándar 22nd Edición.	Multiparamétrico
<b>TURBIEDAD</b>	2130 B nep electrométrico Método Estándar 22nd Edición.	Multiparamétrico
<b>S. T.</b>	2540 B Método Estándar 22nd Edición.	Estufa, capsulas de porcelana, balanza, disecador.
<b>SOLIDOS SEDIMENTABLES</b>	2540 F Método Standard 22nd Edición.	

<b>DBO<sub>5</sub></b>	5210 d respiro métrico Método Estándar 22nd Edición. Método simplificado se aplica cuando no hay contaminación.	Aparato BODTrak™
------------------------	---	------------------

**Fuente:** Elaborado por el autor, 2016.

**Tabla 4.** Métodos, parámetros físicos-químicos.

PARAMETROS	NORMATIVA	EQUIPO
<b>ORTOFOSFATO</b>	Método 8048 HACH aprobado por la USEPA	Espectrofotómetro
<b>NITRATO</b>	Método 8171 dentro del rango no USEPA.	Espectrofotómetro
<b>NITRITO</b>	Método 8507 aprobado por la USEPA.	Espectrofotómetro
<b>DQO</b>	5220 D Método Estándar 22nd Edición.	Espectrofotómetro
<b>FOSFORO TOTAL</b>	10127 Método Estándar 22nd Edición.	Espectrofotómetro

**Fuente:** Elaborado el autor, 2016.

**Tabla 5.** Métodos, parámetros microbiológicos.

PARAMETROS	NORMATIVA	EQUIPO
<b>COLIFORMES TOTALES</b>	9221 C Método Estándar 22nd Edición.	Laboratorio UNACH.
<b>COLIFORMES FECALES</b>	9221 B Método Estándar 22nd Edición.	Laboratorio UNACH.

**Fuente:** Elaborado el autor, 2016.

A continuación se detalla cada uno de los análisis.

#### Análisis Físico

##### 3.3.1.1 Oxígeno disuelto

Para la determinación del oxígeno disuelto se utilizó el Método Standard de Membrane Electrode 4500 - OG, el cual con sistemas de electrodos de membrana cubierta de estos problemas se reducen al mínimo, porque el elemento sensor está protegido por una membrana de plástico permeable al oxígeno que sirve como una barrera de difusión contra impurities.4-6

en condiciones de estado estacionario, la corriente es directamente proporcional a la concentración de oxígeno Disuelto.

Procedimiento:

a) Calibración: Seguir el procedimiento de calibración del fabricante para obtener exactamente la precisión y exactitud garantizada. Generalmente, calibrar electrodos de membrana mediante la lectura contra el aire o una muestra de la concentración de DO conocida (determinada por el método yodométrica), así como en una muestra con cero DO. (Añadir el exceso de sulfito de sodio,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ , y una traza de cloruro de cobalto,  $\text{CoCl}_2$ , para traer DO a cero). Preferiblemente calibrar con muestras de agua bajo prueba. Evitar una calibración yodométrica que se sospeche que las sustancias que interfieren. A continuación se ilustran los procedimientos recomendados:

- 1) El agua dulce: Para las muestras no contaminadas, donde las sustancias que interfieren están ausentes, la calibración en la solución de ensayo o agua destilada, lo que sea más conveniente.
- 2) El agua dulce que contiene contaminantes o interferir Sustancias: Calibrar con agua destilada causa resultados erróneos se producen con la muestra.

b) Medición de la muestra: Siga todas las precauciones recomendadas por el fabricante para garantizar resultados aceptables. Tener cuidado en el cambio de la membrana para evitar la contaminación de elemento de detección y también la captura de burbujas de aire minuto bajo la membrana, que pueden conducir a la respuesta de baja y alta corriente residual. Proporcionar suficiente flujo de muestra a través de superficie de la membrana para superar la respuesta errática (véase la figura 4500-O: 4 para un ejemplo típico del efecto de la agitación).

c) Validación del efecto de la temperatura: Comprobar con frecuencia uno o dos puntos para verificar los datos de corrección de temperatura.

### 3.3.1.2 pH

Para la determinación del pH se utilizó el Método Standard 4500  $-H^+$  B de Método electrométrico, Principio: El principio básico de la medición del pH electrométrico es la determinación de la actividad de los iones de hidrógeno por medición potenciométrica utilizando un electrodo de hidrógeno estándar y un electrodo de referencia. El electrodo de hidrógeno consiste en un electrodo de platino a través del cual se hace burbujear gas hidrógeno a una presión de 101 kPa. Debido a la dificultad en su uso y el potencial para envenenar el electrodo de hidrógeno, el electrodo de vidrio se utiliza comúnmente. La fuerza electromotriz (fem) producido en el sistema de electrodos de vidrio varía linealmente con el pH. Esta relación lineal se describe mediante el trazado de la fem medida contra el pH de diferentes tampones. pH de la muestra se determina por extrapolación.

Procedimiento.

- a) La calibración del instrumento: En cada caso, siga las instrucciones del fabricante para el medidor de pH y para el almacenamiento y la preparación de electrodos para su uso. soluciones recomendadas para almacenamiento a corto plazo de electrodos variará con

el tipo de electrodo y el fabricante, pero generalmente tienen una conductividad mayor que 4000  $\mu\text{mhos/cm}$ . El agua del grifo es un sustituto mejor que el agua destilada, pero un tampón de pH 4 es el mejor para el electrodo de vidrio individual y KCl saturado es el preferido para un electrodo de referencia de calomelanos y de Ag / AgCl. Saturada de KCl es la solución preferida para un electrodo de combinación. Mantenga electrodos húmedo devolviéndolos a la solución de almacenamiento cada vez que el pH no está en uso.

Antes de su uso, retire los electrodos de la solución de almacenamiento, enjuague, seque con papel secante con un paño suave, luego en solución tampón inicial, y establezca el punto equipotencial (¶ 2A anterior). Seleccione un segundo tampón a 2 unidades de pH del pH de la muestra y lleve la muestra y el tampón a la misma temperatura, que puede ser la temperatura ambiente, una temperatura fija, tal como 25 ° C, o la temperatura de una muestra fresca. Retire los electrodos del primer tampón, enjuague bien con agua destilada, seque con papel secante, y sumérjase en la segunda memoria intermedia. temperatura Registro de medición y ajuste de línea de temperatura en metros para que indique el valor de pH de tampón a la temperatura de prueba (esto es un ajuste de pendiente).

Utilice el valor de pH que figuran en las tablas para el tampón utilizado en la temperatura de ensayo. Retire los electrodos de segundo tampón, enjuague bien con agua destilada y electrodos secos como se ha indicado anteriormente. Sumergir en un tercer tampón de pH por debajo de 10, aproximadamente 3 unidades de pH diferentes de la segunda; la lectura debe estar dentro de 0,1 unidad para el pH de la tercera memoria intermedia. Si la respuesta del medidor muestra una diferencia superior a 0,1 unidad de pH del valor esperado, busque problemas con los electrodos o el potenciómetro.

El propósito de la normalización es para ajustar la respuesta del electrodo de vidrio en el instrumento. Cuando sólo mediciones de pH se realizan ocasionales instrumento estandarizado antes de cada medición. Cuando las mediciones se hacen frecuentes y el instrumento es estable, estandarizar con menos frecuencia. Si los valores de la muestra de pH varían ampliamente, estandarizar para cada muestra con un tampón que tiene un pH dentro de 1 a 2 unidades de pH de la muestra.

- b) El análisis de la muestra: establecer el equilibrio entre los electrodos y la muestra por agitación de la muestra para asegurar la homogeneidad; agitar suavemente para minimizar el arrastre de dióxido de carbono. Para las muestras o los de alta fuerza iónica, electrodos condición tamponada después de la limpieza, sumergiéndolas en la muestra durante 1 min. Secar con, sumergirse en una nueva porción de la misma muestra, y leer el pH.

### 3.3.1.3 Conductividad

Para la determinación del pH se utilizó el Método de laboratorio Standard 2510 B, siendo la conductividad,  $k$ , es una medida de la capacidad de una solución acuosa a conducir una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones; sobre el total de su concentración, la movilidad, y la valencia; y de la temperatura de medición. Soluciones de la mayoría de compuestos inorgánicos son relativamente buenos conductores. Por el contrario, las moléculas de compuestos orgánicos que no se disocian en solución acuosa conducir una

corriente muy mal, en todo caso. Cualquiera de los diversos métodos se pueden utilizar para preparar el agua de grado reactivo. La conductividad debe ser pequeña en comparación con el valor que se mide (American Public Health Association, 2012).

Procedimiento:

Donde:

- a) Determinación de la constante de celda: Enjuagar célula de conductividad con al menos tres porciones de 0,01 M solución de KCl. Ajuste la temperatura de una cuarta parte a  $25,0 \pm 0,1$  ° C. Si una resistencia medidor de conductividad pantallas, R, ohmios, medir la resistencia de esta porción y la nota de la temperatura. Calcular la constante de celda, C:

$$C, \text{ cm}^{-1} = (0.001412)(R_{\text{KCl}})[1 + 0.0191(t - 25)]$$

$R_{\text{KCL}}$  = medidos de resistencia, ohmios.

t = temperatura observada, ° C.

Medidores de conductividad a menudo indican conductividad directa. sondas comerciales contienen comúnmente un sensor de temperatura. Con tales instrumentos, enjuague la sonda tres veces con KCl 0.0100M, como arriba. Ajuste de línea de compensación de temperatura de 0.0191 C-1. Con la sonda en la solución estándar de KCl, ajuste del medidor para leer  $\mu\text{mho}$  1412 / cm. Este procedimiento se ajusta automáticamente la constante de celda interna al metro.

- b) Medición de la conductividad: Enjuagar a fondo de células con una o más porciones de la muestra. Ajustar la temperatura de una porción final a aproximadamente 25 ° C. Medir la resistencia o la conductividad de la muestra y la nota de la temperatura de  $\pm 0,1$  ° C.

Calculo de resultado:

El coeficiente de temperatura de la mayoría de las aguas es sólo aproximadamente la misma que la de la solución patrón de KCl; el más la temperatura de medición se desvía de 25,0 ° C, mayor es la incertidumbre en la aplicación de la corrección de temperatura. conductividades como " $\mu\text{mho} / \text{cm}$  25,0 ° C." un informe con compensación de temperatura. Cuando se mide la resistencia de la muestra, la conductividad a 25 ° C es:

$$k = \frac{(1\ 000\ 000)(C)}{R_m[1 + 0.0191(t - 25)]}$$

Donde:

- $k$  = conductividad,  $\mu\text{mhos}/\text{cm}$ .  
 $C$  = constante de celda,  $\text{cm}^{-1}$ , la resistencia  
 $R_m$  = medido de la muestra, ohmios,  
t = la temperatura de medición.

### 3.3.1.4 Turbiedad

Para la determinación de la turbiedad se utilizó el Método Standard 2130 B, el cual se basa en una comparación de la intensidad de la luz dispersada por la muestra en condiciones definidas con la intensidad de la luz dispersada por una suspensión estándar de referencia en las mismas condiciones. Cuanto mayor sea la intensidad de la luz dispersada, mayor será la turbidez. El polímero de formazina se utiliza como la suspensión de referencia estándar primaria. La turbidez de una concentración especificada de la suspensión de formazina se define como 4000 NTU (American Public Health Association, 2012).

Procedimiento:

- a) Técnicas de medición generales: técnicas de medición adecuadas son importantes para reducir al mínimo los efectos de las variables del instrumento, así como callejeros burbujas de aire y luz. Independientemente del instrumento utilizado, la medición será más exacta, precisa, y repetible si se presta mucha atención a las técnicas de medición adecuadas.
  - Medir la turbidez de inmediato para evitar los cambios de temperatura y la floculación de las partículas y la sedimentación de los cambios en las características de la muestra. Si floculación es evidente, romper los agregados de agitación. Evitar la dilución siempre que sea posible. Las partículas suspendidas en la muestra original pueden disolverse o de otra manera cambiar características cuando los cambios de temperatura o cuando se diluye la muestra.
  - Eliminar de aire u otros gases atrapados en la muestra antes de la medición. Preferiblemente Degas incluso si no hay burbujas visibles. Se desgasifica mediante la aplicación de un vacío parcial, la adición de un agente tensioactivo de tipo nonfoaming, usando un baño de ultrasonidos, o la aplicación de calor. En algunos casos, dos o más de estas técnicas se pueden combinar para eliminación de burbujas más eficaz. Por ejemplo, puede ser necesario combinar la adición de un agente tensioactivo con el uso de un baño de ultrasonidos para algunas condiciones severas. Cualquiera de estas técnicas, si aplicó erróneamente, puede alterar la turbidez de la muestra; utilizar con cuidado. Si la desgasificación no se puede aplicar, la formación de burbujas se minimizará si las muestras se mantienen a la temperatura y presión del agua antes del muestreo.
  - No quitar las burbujas de aire dejando reposar la muestra durante un periodo de tiempo, porque al estar de pie, las partículas que producen la turbidez pueden asentarse y temperatura de la muestra pueden cambiar. Ambas condiciones alteran turbidez de la muestra, lo que resulta en una medición no representativa.
  - Puede ocurrir condensación en la superficie exterior de una célula de muestra cuando una muestra fría se está midiendo en un ambiente cálido y húmedo. Esto interfiere con la medición de la turbidez. Eliminar toda la humedad desde el exterior de la celda de muestra antes de la colocación de la célula en el instrumento. Si se repite el empañamiento, se dejó calentar la muestra ligeramente por dejándola reposar a

temperatura ambiente o por inmersión parcial en un baño de agua caliente durante un corto tiempo. Asegúrese de que las muestras son más bien mezcladas.

- b) Calibración Nefelómetro: Siga las instrucciones de operación del fabricante. Ejecutar al menos un estándar en cada rango de instrumento para ser utilizado. Asegúrese de que el nefelómetro da lecturas estables en todos los rangos de sensibilidad utilizados. Siga las técnicas descritas en ¶s 2b y 4a para el cuidado y manipulación de las células de la muestra, desgasificación, y hacer frente a la condensación.
- c) Medición de la turbidez: agitar suavemente la muestra. Esperar hasta que las burbujas de aire desaparezcan y se vierte la muestra en la celda. Cuando sea posible, se vierte la muestra bien mezclada en la celda y sumergirlo en un baño ultrasónico durante 1 a 2 s o aplicar de desgasificación al vacío, causando la liberación de burbujas completa. Leer turbidez directamente del panel de instrumentos.
- d) La calibración de los monitores de turbidez continuas: Para turbiedades bajas calibre las muestras de turbidez continuamente mediante la determinación de la turbidez del agua que fluye fuera de ellas, utilizando un laboratorio modelo nefelómetro, o calibrar los instrumentos de acuerdo con las instrucciones del fabricante con patrón primario de formazina o estándar secundario apropiado.

Interpretación de resultados:

Informe de la lectura de turbidez de la siguiente manera:

Rango Turbiedad NTU	Informar a la más cercana NTU
0 - 1.0	0.05
1 - 10	0.1
10 - 40	1
40 - 100	5
100 - 400	10
400 - 1000	50
>1000	100

**Tabla 6.** Reporte de la lectura de turbidez **Fuente:** Standard Methods 2130 b, 2012.

**Adaptado Por:** Luis Quinatoa

Al comparar las eficiencias de tratamiento de agua, no estimar la turbidez más de cerca a las indicadas anteriormente. Incertidumbres y discrepancias en las mediciones de turbidez, es poco probable que los resultados pueden ser duplicadas a una mayor precisión de lo especificado.

### 3.3.1.5 Sólidos totales.

Mediante el Método Standard 2540 B se realizó los análisis para las muestras de aguas con alto contenido de sólidos disueltos en general son de palatabilidad inferior y pueden inducir una

reacción fisiológica desfavorable en el consumidor transitoria. Por estas razones, un límite de sólidos disueltos 500 mg / L es deseable para aguas potables. Aguas con alto contenido de sólidos en suspensión pueden ser estéticamente satisfactorio para los propósitos tales como bañarse. Los análisis de sólidos son importantes en el control de los procesos de tratamiento de aguas residuales biológicas y físicas, y para evaluar el cumplimiento de la agencia reguladora limitaciones de efluentes de aguas residuales. Para lo cual una muestra bien mezclada se evaporó en una placa de pesa y se secó hasta peso constante en un horno a 103-105 ° C. El aumento de peso con el que de la cápsula vacía representa los sólidos totales. (American Public Health Association, 2012)

#### Procedimientos:

- a) Preparación de cápsula de evaporación: Si los sólidos volátiles se van a medir encender plato de evaporación limpio a 550 ° C durante 1 h en un horno de mufla. Si sólo el total de sólidos se van a medir, el calor de cocina limpio de 103 a 105 ° C durante 1 h. Tienda y el plato fresco en el desecador hasta que se necesite. Pesar inmediatamente antes de su uso.
  
- b) El análisis de la muestra: Elija un volumen de muestra que va a producir un residuo entre 2,5 y 200 mg. Medir con un pipeta un volumen de muestra bien mezclada, durante la mezcla, a un plato de pesada previamente. Para muestras homogéneas, pipeta desde el punto medio aproximado del recipiente, pero no en el vórtice. Elegir un punto tanto middepth ya mitad de camino entre la pared y el vórtice. Se evapora hasta sequedad en un baño de vapor o en un horno de secado. Agitar la muestra con un agitador magnético durante la transferencia. Si es necesario, añadir porciones de muestra sucesivas para el mismo plato después de la evaporación. Cuando se evapora en un horno de secado, la temperatura más baja a aproximadamente 2 ° C por debajo de la ebullición para evitar salpicaduras. Dry evaporó la muestra durante al menos 1 h en un horno a 103-105 ° C, plato fresco en un desecador para equilibrar la temperatura, y pesar. se obtiene Repetir el ciclo de secado, enfriamiento, desecación, y un peso de hasta un peso constante, o hasta que el cambio de peso es menor que 4% del peso anterior o 0,5 mg, el que sea menor. Cuando se pesa la muestra seca, estar alerta a los

cambios en el peso debido a la exposición al aire y / o degradación de la muestra.

Analizar al menos 10% de todas las muestras por duplicado. Las determinaciones por duplicado deberían ponerse de acuerdo dentro del 5% de su peso medio.

Calculo de resultado

$$\text{mg total solids/L} = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{sample volume, mL}}$$

Donde:

A= Peso del residuo Seco + plato, mg.

B= peso del plato, mg.

### 3.3.1.6 Solidos sedimentables.

Mediante el Método Standard 2540 F, se determinó los residuos secos sólidos sedimentables en las aguas superficiales, así como los desechos domésticos e industriales pueden determinarse e indicarse ya sea en un volumen (ml / l) o un peso (mg / L) (American Public Health Association, 2012).

Procedimiento:

- a) Volumétrico: Llenar un cono Imhoff hasta la marca de 1 l con una muestra bien mezclada. Settle para 45 min, agitar suavemente la muestra cerca de los lados del cono con una varilla o al girar, se asientan 15 min más, y registro de volumen de sólidos sedimentables en el cono como mililitros por litro. Si el asunto resuelto contiene bolsas de líquido entre las grandes partículas sedimentadas, el volumen estimado de estos y restar de volumen de sólidos sedimentados. El límite inferior práctico de la medición depende de la composición de la muestra y, en general está en el intervalo de 0,1 a 1,0 mL / L. Cuando se produzca una separación de sedimentable y materiales flotantes, no estimar el material flotante como materia sedimentable. Las replica por lo general no son necesarios.

Calculo de resultados:

mg. solidos sedimentables/ L = mg. Solidos suspendidos totales – mg. Solidos no sedimentales /L

### 3.3.1.7 Sólidos suspendidos totales.

Mediante el Método Standard 2540 D, con cada muestra bien mezclada se filtró a través de un filtro de fibra de vidrio estándar pesado y el residuo retenido en el filtro se seca hasta un peso constante a 103 a 105 ° C. El aumento de peso del filtro representa el total de sólidos en suspensión. Si el material en suspensión obstruye el filtro de filtración y prolonga, puede ser necesario aumentar el diámetro del filtro o disminuir el volumen de la muestra. Para obtener una estimación del total de sólidos en suspensión, calcular la diferencia entre el total de sólidos disueltos y sólidos totales (American Public Health Association, 2012).

Procedimiento:

- a) Preparación del disco de filtro de fibra de vidrio: Si se utilizan discos de filtro de fibra de vidrio pre-preparadas, eliminar este paso. Inserte el disco con la cara arrugada en un aparato de filtración. Aplicar vacío y lavar el disco con tres porciones sucesivas de 20 ml de agua de grado reactivo. Continuar succión para eliminar todas las trazas de agua, girar fuera de vacío, y descartar los lavados. Quite el filtro de aparatos de filtración y la transferencia a un plato de pesaje de aluminio inerte. Si se utiliza un crisol Gooch, eliminar crisol y el filtro de combinación. Secar en un horno a 103 a 105 ° C durante 1 h. Si los sólidos volátiles se van a medir, encender a 550 ° C durante 15 min en un horno de mufla. Enfriar en desecador para equilibrar la temperatura y pesan. Repetir el ciclo de secado o de ignición, enfriamiento, desecante, y con un peso hasta que se obtiene un peso constante o hasta que el cambio de peso es menor que 4% del pesaje anterior o 0,5 mg, el que sea menor. Almacenar en un desecador hasta que se necesite.
- b) La selección de filtros de muestra y tamaños: Permite seleccionar el volumen de muestra para producir entre 2,5 y 200 mg de residuo seco. Si volumen filtrado no cumple con rendimiento mínimo, aumentar el volumen de la muestra hasta 1 L. Si la filtración completa tarda más de 10 minutos, aumentar el diámetro de filtro o disminuir el volumen de la muestra.
- c) El análisis de la muestra: Montar aparato de filtración y el filtro y comenzar de succión. El filtro mojado con un pequeño volumen de agua de grado reactivo para asentar ella. A

la muestra revolver con un agitador magnético a una velocidad de cizallamiento de las partículas más grandes, si es posible, para obtener un tamaño de partícula más uniforme (preferiblemente homogénea). La fuerza centrífuga puede separar las partículas por tamaño y densidad, lo que resulta en una pobre precisión cuando se varía el punto de toma de muestras. Mientras se agita, pipetear un volumen medido en el filtro de fibra de vidrio sentado. Para muestras homogéneas, pipeta desde el punto medio aproximado de recipiente, pero no en vórtice. Elegir un punto tanto middepth ya mitad de camino entre la pared y el vórtice. Lavar el filtro con tres sucesivos volúmenes de 10 ml de agua de grado reactivo, lo que permite un drenaje completo entre los lavados, y continuar la succión durante aproximadamente 3 minutos después de la filtración es completa. Las muestras con alto contenido de sólidos disueltos pueden requerir lavados adicionales. Retirar con cuidado el filtro de aparatos de filtración y la transferencia a un plato de pesaje de aluminio como soporte. Alternativamente, retire la combinación crisol y el filtro de la adaptar a la placa si se utiliza un crisol Gooch. Seco durante al menos 1 hora a 103 a 105 ° C en un horno, enfriar en un desecador para equilibrar la temperatura, y pesar. Repetir el ciclo de secado, enfriamiento, desecante, y con un peso hasta que se obtiene un peso constante o hasta que el cambio de peso es menor que 4% del peso anterior o 0,5 mg, el que sea menor. Analizar al menos 10% de todas las muestras por duplicado. Las determinaciones por duplicado deberían ponerse de acuerdo dentro del 5% de su peso medio. Si los sólidos volátiles se han de determinar, el tratamiento de los residuos de acuerdo a 2540E.

Calculo de resultado:

$$\text{mg total suspended solids/L} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{sample volume, mL}}$$

Donde:

A= Peso del filtro + residuo seco, mg.

B= Peso del filtro, mg.

El análisis Químico.

#### 3.3.1.8 DQO.

Mediante el Método Standard 5220 D, la demanda química de oxígeno (DQO) se define como la cantidad de un oxidante especificado que reacciona con la muestra en condiciones controladas. La cantidad de oxidante consumida se expresa en términos de su equivalencia de oxígeno. Debido a sus propiedades químicas únicas, el ion dicromato ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ) es el oxidante se especifica en la Sección Métodos 5220B, 5220C Sección y en la Sección 5220D; se reduce al ión crómico ( $\text{Cr}^{3+}$ ) en estas pruebas. Ambos componentes orgánicos e inorgánicos de una muestra están sujetos a la oxidación, pero en la mayoría de los casos el componente orgánico predomina y es del mayor interés. Si se desea medir DQO ya sea orgánico o inorgánico solo, pasos adicionales no descritas aquí deben ser tomadas para distinguir una de la otra (American Public Health Association, 2012).

Procedimientos:

- Mezclar muy bien la muestra por agitación para poner en suspensión el sedimento del fondo del recipiente, antes de tomar el volumen indicado.
- Agitar la cubeta de reacción de 16 mm, para mezclar el contenido del fondo quitar la tapa rosca y ubicarle en la gradilla.
- Verter cuidadosamente 2 ml de la muestra sobre la pared de la cubeta de reacción (Usar gafas protectoras).
- Cerrar firmemente la cubeta con la tapa roscada. Identificar la muestra en la tapa.
- En las siguientes etapas de trabajo, agarrar la cubeta solamente por la tapa roscada, para evitar contaminar las paredes de la cubeta.
- Mezclar vigorosamente el contenido de la cubeta de reacción.
- Mientras prepara las muestras encender el termoreactor y colocar las celdas de reacción para que el conjunto de alcance la temperatura de  $148 \pm 2 \text{ C}^\circ$ . Una vez el equipo registra la temperatura indicada, comienza la cuenta regresiva de las 2 horas de reacción.
- Una vez terminado el tiempo de reacción, las luces parpadean intermitentemente de color rojo y además suena una señal acústica.

- Después de aproximadamente 20 minutos y cuando el termoreactor indique una temperatura menor o igual a 120 C°, retire y agite las cubetas por balanceo y colóquelas nuevamente en la gradilla o soporte, hasta el enfriamiento final.
- Colocar las muestras en la gradilla o soporte de cubetas.
- Para la medición fotométrica deben lavarse las partes externas de las cubetas con agua destilada; si es necesario, límpielas con un paño seco y limpio.
- Durante la medición, no permita que se provoque agitación involuntaria ya que la turbiedad que se puede generar, después de la reacción, da como resultado valores falsamente altos.
- Encender el equipo de medición por lo menos una media hora de anticipación y hacer los procedimientos de control que se requieran. Ubicando el método en el Espectrofotómetro, proceda a la medición.
- El resultado se reporta con las cifras decimales que arroje el equipo, sin aplicar aproximación a cifras significativas.

*Nota:* Nunca enfrié con agua fría.

La solución de digestión contiene sustancias tóxicas como dicromato de potasio y sulfato de mercurio, manipúlelo usando todos los elementos de seguridad del caso. El analista debe conocer las hojas de seguridad de cada reactivo utilizado. En el Desarrollo de este análisis se debe utilizar de manera obligatoria bata, guantes y zapatos cerrados.

### 3.3.1.9 DBO<sub>5</sub>

Mediante el Método Standard 5210 B, con prueba de DBO durante 5 días. El cual consiste en llenar con muestra, a rebosar, un frasco hermético del tamaño especificado y su incubación a la temperatura especificada durante 5 días. El oxígeno disuelto se mide inicialmente y después de la incubación, y la DBO se calcula a partir de la diferencia entre la DO inicial y final. Debido a que la DO inicial se determina poco después de que se haga la dilución, todo el consumo de oxígeno que ocurre después de esta medida se incluye en la medición de DBO (American Public Health Association, 2012).

Procedimiento:

- a) Preparación del agua de dilución: Lugar volumen deseado de agua (¶ 3 j) en una botella adecuada y añadir 1 ml cada una de tampón fosfato, MgSO<sub>4</sub>, CaCl<sub>2</sub>, y FeCl<sub>3</sub> soluciones / L de agua. Seed agua de dilución, si se desea, como se describe en 4D ¶. agua de dilución de ensayo como se describe en 4h ¶ para que el agua de calidad garantizada siempre está a la mano.

Antes de su uso trae dilución de la temperatura del agua a  $20 \pm 3$  ° C. Saturar con DO por agitación en una botella parcialmente llena o aireando con aire orgánico libre filtrada. Alternativamente, almacenar en botellas enchufado algodón durante el tiempo suficiente para que el agua se sature con DO. Proteger la calidad del agua mediante el uso de recipientes de vidrio limpios, los tubos y botellas.

- b) La dilución de almacenamiento de agua: la fuente se pueden almacenar antes de su uso, siempre y cuando el agua de dilución preparada cumple con los criterios de control de calidad en el agua de dilución en blanco. Tal almacenamiento puede mejorar la calidad de algunas fuentes de agua, pero puede permitir el crecimiento biológico para causar deterioro de otros. Preferiblemente no almacene agua de dilución preparada por más de 24 horas después de la adición de nutrientes, minerales, y el tampón a menos controles con agua de dilución cumplen consistentemente con los límites de control de calidad. Desechar las fuentes de agua almacenada en blanco si el agua de dilución muestra más de 0,2 mg / L de NO en el agotamiento 5 d.
- c) Cheque glucosa-ácido glutámico: Debido a que la prueba de DBO es un bioensayo sus resultados pueden ser influenciados en gran medida por la presencia de sustancias tóxicas o mediante el uso de un material de siembra pobres. aguas destiladas con frecuencia están contaminadas con cobre; algunas semillas de aguas residuales son relativamente inactivos. bajos resultados se obtienen siempre con este tipo de semillas y aguas. Controlar periódicamente la calidad del agua de dilución, la eficacia de la semilla, y la técnica analítica haciendo mediciones de DBO en una mezcla de 150 mg de glucosa / L y 150 mg de ácido glutámico / L como una "solución de verificación " estándar '. La glucosa tiene una tasa excepcionalmente alta y variable oxidación pero cuando se utiliza con el ácido glutámico, se estabiliza la velocidad de oxidación y es similar a la obtenida con muchos residuos municipales. Alternativamente, si un agua residual en particular contiene un constituyente principal de identificación que contribuye a la DBO, usar este compuesto en lugar de la glucosa-ácido glutámico. Determinar el 5-d 20 ° C BOD de una dilución 2% de la solución de verificación estándar de glucosa-ácido glutámico utilizando las técnicas descritas. Ajuste concentraciones de mezclas comerciales para dar 3 mg / L de glucosa y 3 mg / L de ácido glutámico en cada botella de prueba GGA. Evaluar los datos tal como se describe con Precisión y Bias.
- d) Cheque glucosa-ácido glutámico: Debido a que la prueba de DBO es un bioensayo sus resultados pueden ser influenciados en gran medida por la presencia de sustancias tóxicas o mediante el uso de un material de siembra pobres. aguas destiladas con frecuencia están contaminadas con cobre; algunas semillas de aguas residuales son relativamente inactivos. bajos resultados se obtienen siempre con este tipo de semillas y aguas. Controlar periódicamente la calidad del agua de dilución, la eficacia de la semilla, y la técnica analítica haciendo mediciones de DBO en una mezcla de 150 mg de glucosa / L y 150 mg de ácido glutámico / L como una "solución de verificación " estándar '. La glucosa tiene una tasa excepcionalmente alta y variable oxidación pero cuando se utiliza con el ácido glutámico, se estabiliza la velocidad de oxidación y es similar a la obtenida con muchos residuos municipales. Alternativamente, si un agua residual en particular contiene un constituyente principal de identificación que contribuye a la DBO, usar este compuesto en lugar de la glucosa-ácido glutámico.

Determinar el 5-d 20 ° C BOD de una dilución 2% de la solución de verificación estándar de glucosa-ácido glutámico utilizando las técnicas descritas en ¶s 4d-j. Ajuste concentraciones de mezclas comerciales para dar 3 mg / L de glucosa y 3 mg / L de ácido glutámico en cada botella de prueba GGA. Evaluar los datos tal como se describe en el ¶ 6, Precisión y Bias.

- e) La dilución blanco de agua: Utilice un blanco de agua de dilución, como un cheque en bruto en la calidad del agua de dilución no cabeza de serie y la limpieza de botellas de incubación. Junto con cada lote de muestras se incuban una botella de agua de dilución no cabeza de serie. Determinar el OD inicial y final como en ¶s 4g y j. La captación DO no debe ser superior a 0,2 mg / L y preferiblemente no más de 0,1 mg / L de Descarte toda el agua de dilución que tiene una DO captación superior a 0,2 mg / L y, o bien eliminar la fuente de contaminación o seleccionar una fuente de agua de dilución alternativo.
- f) Incubadora: Se incuba a 20 ° C ± botellas de DBO C 1 ° que contienen diluciones deseadas, controles de semillas, controles con agua de dilución, y los controles de glucosa-ácido glutámico. botellas de cierre hidráulico.

Calculo de resultado:

Para cada reunión botella de la prueba de 2.0 mg / L de NO mínimo el agotamiento y el 1.0 mg / L residual A, calcular la DBO5 de la siguiente manera:

Cuando el agua de dilución no es cabeza de serie:

$$\text{BOD}_5, \text{ mg/L} = \frac{D_1 - D_2}{P}$$

Donde:

D1 = El oxígeno disuelto muestra diluida inmediatamente después de su preparación, mg / L.

D2 = El oxígeno disuelto de la muestra diluida después de 5 días de incubación a 20 ° C, mg / L.

P = Fracción volumétrica decimal de la muestra utilizada.

f = Relación entre la semilla en la muestra diluida a la semilla en el control de las semillas

#### 3.3.1.10 Fosforo Total

Mediante el Método Standard 10127, los fosfatos presentes en formas orgánicas y condensados inorgánicos (meta-, piro- u otros polifosfatos) deben convertirse a ortofosfato reactivo antes del análisis. El tratamiento previo de la muestra con ácido y calor proporciona las condiciones para la hidrólisis de las formas inorgánicas condensadas. Fosfatos orgánicos se convierten en ortofosfatos calentando con ácido y persulfato. Ortofosfato reacciona con molibdato en un

medio ácido para producir un fosfato / complejo de molibdato de mezclado. En presencia de vanadio, formas de ácido molybdovanadophosphoric de color amarillo. La intensidad del color amarillo es proporcional a la concentración de fosfato. Los resultados se midieron a 420 nm.

#### Procedimiento:

- Iniciar el reactor. Precalentar el horno a 150 ° C. Consulte el manual de DRB200 .
- Ejecutar el programa de P 542 Total RH TNT. Para obtener información acerca de las células de la muestra, adaptadores o protectores de luz.
- Preparar la muestra en blanco: Añadir 5,0 ml de agua des ionizada a una prueba Vial fósforo total.
- Preparar la muestra: Añadir 5,0 ml de muestra para una prueba de fósforo total Vial.
- Añadir con ayuda de un embudo el contenido de un persulfato de potasio bolsa de polvo a cada vial.
- Asegurar la tapa en el frasco. Agitar para disolver el polvo de arriba hacia abajo.
- Iniciar el temporizador del reactor. Un tiempo de reacción de 30 minutos.
- Cuando el tiempo se agota, retirar cuidadosamente los frascos calientes del reactor. Establecer los viales en un bastidor de tubo de ensayo. Deje que los frascos se enfríen a temperatura ambiente.
- Con ayuda de una pipeta añadir 2 ml de solución patrón de 1,54 N de hidróxido de sodio a cada vial.
- Asegurar con la tapa al frasco. Invertir para mezclar.
- Use un gotero de polietileno para agregar 0,5 ml de Reactivo vanadomolibdico a cada vial.
- Asegurar con la tapa al frasco. Invertir para mezclar.
- Iniciar el temporizador instrumento. El tiempo de reacción comienza a los 7 minutos. Medir la muestra de entre siete y nueve minutos después de la adición del reactivo vanadomolibdico.
- Limpiar el vial de blanco y colocar en espectrofotómetro el frasco en el soporte de celda de 16 mm.
- Pulsar CERO. La pantalla muestra 0,0 mg / L  $PO_4^{3-}$ .

- Limpiar el vial de muestra y colocar en espectrofotómetro el frasco en el soporte de celda de 16 mm.
- Pulsar LEER. Los resultados muestran en mg / L  $PO_4^{3-}$ .

#### 3.3.1.11 Fosfato

Mediante el Método Standard 8048 los Ortofosfato reacciona con molibdato en un medio ácido para producir un fosfato / complejo de molibdato de mezclado. El ácido ascórbico reduce entonces el complejo, lo que da un intenso color azul de molibdeno. La longitud de onda de medición es de 880 nm (DR 1900: 710 nm) para espectrofotómetros o 610 nm para colorímetros (American Public Health Association, 2012).

Procedimiento:

- Iniciar el programa 490 P reaccionar. PÁGINAS. Para obtener información acerca de las células de la muestra, adaptadores o protectores de luz.
- Preparar la muestra: Llenar una celda de muestra con 10 ml de muestra.
- Añadir el contenido de un PhosVer 3 Fosfato Reactivo bolsa de polvo a la célula. Un color azul se desarrolla si el fósforo se encuentra en la muestra.
- Cerrar inmediatamente la celda de muestra. Agitar enérgicamente durante 20-30 segundos.
- Iniciar el temporizador instrumento. Un tiempo de reacción de 2 minutos se inicia. Si la muestra se digirió usando la digestión ácida persulfato, una reacción de p-10 minutos.
- Preparar el espacio en blanco: Llène una segunda celda de muestra con 10 ml de muestra.
- Cuando el tiempo se agota, limpiar la celda de la muestra en blanco.
- Inserte el blanco en el soporte de la celda.
- Presione CERO en la pantalla se mostrara 0,00 mg/L  $PO_4^{3-}$ .
- Limpiar la celda de la muestra preparada.
- Inserte la muestra preparada en el soporte de la celda.
- Presione LEER en la pantalla se mostrara 0,00 mg/L  $PO_4^{3-}$ .

### 3.3.1.12 Nitratos

Mediante el Método Standard 8171, El cadmio metálico reduce el nitrato en la muestra a nitrito. El ion nitrito reacciona en un medio ácido con ácido sulfanílico para formar una sal de diazonio intermedia. Las parejas de sal con ácido gentísico para formar una solución de color ámbar. La longitud de onda de medición es de 400 nm para espectrofotómetros o 420 nm para colorímetros (American Public Health Association, 2012).

Procedimiento:

- Colocar mediante papel filtro de 0.45  $\mu$ m. Agua destilada para su respectiva limpieza.
- Filtrar cada muestra para homogenizar los vasos de precipitación.
- Filtrar > 10 ml. de muestra en sus respectivos vasos de precipitación .
- Ejecutar el programa de 353 N, Nitrato MR PP.
- Preparar una celda con 10 ml de muestra.
- Añadir el sobre del contenido de polvo a la celda de muestra.
- Iniciar el temporizador con un instrumento. El tiempo de reacción empieza al primer minuto.
- Poner el tapón en la celda de muestra. Agitar la celda de muestra vigorosamente hasta que el tiempo se agote. Parte del material sólido no se disuelve. El polvo no disuelto no afectará a los resultados.
- Iniciar el temporizador instrumento. Un tiempo de reacción de 5 minutos comenzará. Un color ámbar indica si el nitrato está presente.
- Preparar una muestra en blanco, llene una segunda celda de muestra con 1 ml de muestra.
- Cuando el temporizador expira limpia la celda de muestra en blanco.
- Inserte el blanco en el soporte de la celda, presionar CERO. La pantalla muestra 0.0 mg/L  $NO_3^{-N}$
- Limpiar la celda de muestra preparada.
- Limpiar la celda de muestra preparada, dentro de 2 minutos después de que el temporizador de expirar insertar la muestra preparada en el soporte de la celda.
- Pulsar LEER, los resultados se muestran en mg/L  $NO_3^{-N}$

### 3.3.1.13 Nitritos

Mediante el Método Standard 8507, el nitrito en la muestra reacciona con el ácido sulfanílico para formar una sal de diazonio intermedia. Esta pareja con cromotrópicas ácido para producir un color de rosa se compleja proporcional a la cantidad presente de nitrato. Los resultados de la prueba se miden a 507 nm.

#### Procedimientos

- Colocar mediante papel filtro de 0.45 nm. Agua destilada para su respectiva limpieza.
- Filtrar cada muestra para homogenizar los vasos de precipitación.
- Filtrar >10 ml. De muestra en sus respectivos vasos de precipitación.
- Ejecutar el programa de 371 N, Nitrite LR PP.
- Llenar una celda de muestra con 10 ml de muestra
- Muestra preparada: añadir el contenido nitriVer 3, sobre de reactivo en polvo para nitrito.
- Agitar para disolver. Se volverá de color rosa si el nitrito está presente.
- Iniciar el temporizador con un instrumento. un período de 20 minutos comenzará a reaccionar.
- Preparación blanco: Cuando el tiempo se agota, llenar una segunda celda de muestra con 10 ml de muestra.
- Limpie la pieza en bruto y la inserta en el soporte de la celda.
- Encerar el instrumento. la pantalla mostrará: 0,00 mg/L  $NO_2^{-N}$
- Limpie la muestra preparada y en el soporte celular.
- Leer los resultados se obtendrán en mg / L  $NO_2^{-N}$

El análisis Coliformes Totales.

### 3.3.1.14 Coliformes Totales.

Mediante el Método Standard de estimación de la densidad bacteriana 9221 C, a menos que se examina un gran número de porciones de muestra, la precisión de la prueba de tubo de fermentación es más bien baja. Por ejemplo, si sólo el 1 ml se examina en una muestra que contiene, aproximadamente el 37% de los tubos de 1 mL se puede esperar organismo 1 coliformes / ml para producir resultados negativos debido a la distribución aleatoria de las bacterias en la muestra. Cuando cinco tubos, cada uno con 1 ml de muestra, se utilizan en estas

condiciones, un resultado completamente negativo puede esperarse menos de 1% de las veces. En consecuencia, ejercer gran precaución en la interpretación de la importancia sanitaria de los resultados de coliformes obtenidos por el uso de un par de tubos con cada dilución de la muestra, especialmente cuando el número de muestras a partir de un punto de muestreo dado es limitada (American Public Health Association, 2012).

Para calcular la densidad de coliformes, calcular en términos del número más probable (NMP). Los valores MPN, para una variedad de series de siembra y los resultados. Se incluyen los límites de confianza del 95% para cada valor determinado de la MPN. Si los volúmenes de las muestras utilizadas son las que se encuentran en las tablas de comparación, informar el valor correspondiente al número de resultados positivos o negativos en la serie como el NMP / 100

### 3.3.1.15 Coliformes Fecales.

Mediante el Método Standard 9221 B, se usó caldo de lauril triptosa en la parte de la prueba presuntiva de tubos múltiples. Si el medio ha sido refrigerado después de la esterilización, se incuba durante la noche a temperatura ambiente (20 ° C) antes de su uso. Desechar los tubos que muestran el crecimiento y / o burbujas (American Public Health Association, 2012).

Procedimiento:

- 1) Se encargará de tubos de fermentación en filas de cinco o diez tubos cada uno en un soporte de tubos de ensayo. El número de filas y los volúmenes de muestra seleccionados dependen de la calidad y el carácter del agua para ser examinados. Para agua potable utilizar cinco porciones de 20 ml, diez porciones de 10 ml, o una sola botella de 100 ml porción; para agua no potable utilizar cinco tubos por dilución (de 10, 1, 0,1 ml, etc.).  
Al hacer diluciones y la medición de volúmenes de muestras diluidas, siga las precauciones que se indican en la Sección 9215B.2. Utilice la figura 9215: 1 como una guía para la preparación de diluciones. Agitar la muestra y diluciones vigorosamente alrededor de 25 veces. Inocular cada tubo en un conjunto de cinco con volúmenes de muestras repetidas (en el aumento de diluciones decimales, si se utilizan cantidades decimales de la muestra). Mezclar porciones de ensayo en el medio mediante agitación suave.
- 2) Incubar los tubos inoculados o botellas a  $35 \pm 0,5$  °C. Después de  $24 \pm 2$  h remolino cada tubo o botella suavemente y examinarlo para el crecimiento, gas, y la reacción ácido (tonos de color amarillo) y, si no hay reacción gas o ácido es evidente, reincubate y reexaminar al final de  $48 \pm 3$  h . presencia de ficha o ausencia de crecimiento, gas, y la producción de ácido. Si se omite el vial interior, el crecimiento con la acidez significa una reacción presunto positivo.

Interpretation: Production of an acidic reaction or gas in the tubes or bottles within  $48 \pm 3$  h constitutes a positive presumptive reaction. Submit tubes with a positive presumptive reaction to the confirmed phaseitive presumptive reaction.

### 3.3.2 Metodología para el segundo objetivo: Diagnosticar el estado actual de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Pablo Sexto.

Para el diagnóstico realizada a la PTAR de la ciudad de Pablo Sexto se utilizaron el método descriptivo por ello se denominada investigación descriptiva, y tiene como finalidad definir, clasificar, catalogar o caracterizar el objeto de estudio. Cuando tiene la finalidad de conseguir descripciones generales diremos que es de tipo nomotético, y cuando la finalidad es la descripción de objetos específicos diremos que es ideográfica. Los métodos descriptivos pueden ser cualitativos o cuantitativos. Los métodos cualitativos se basan en la utilización del lenguaje verbal y no recurren a la cuantificación. Los principales métodos de la investigación descriptiva son el observacional, el de encuestas y los estudios de caso único (Hernández Sampiari , Fernández Collado , & Baptista Lucio, 2014).

La investigación observacional consiste en registrar el comportamiento en el entorno habitual del sujeto. Características: a) definición precisa de las condiciones de observación, b) sistematización y objetividad y, c) rigor en el procedimiento de registro del comportamiento. Los métodos observacionales pueden ser con intervención o sin intervención. La observación sin intervención tiene por finalidad observar el comportamiento tal como ocurre de forma natural, y en ella el observador se limita a registrar lo que observa, sin manipular ni controlar (Cerdeza Gutiérrez, 2011).

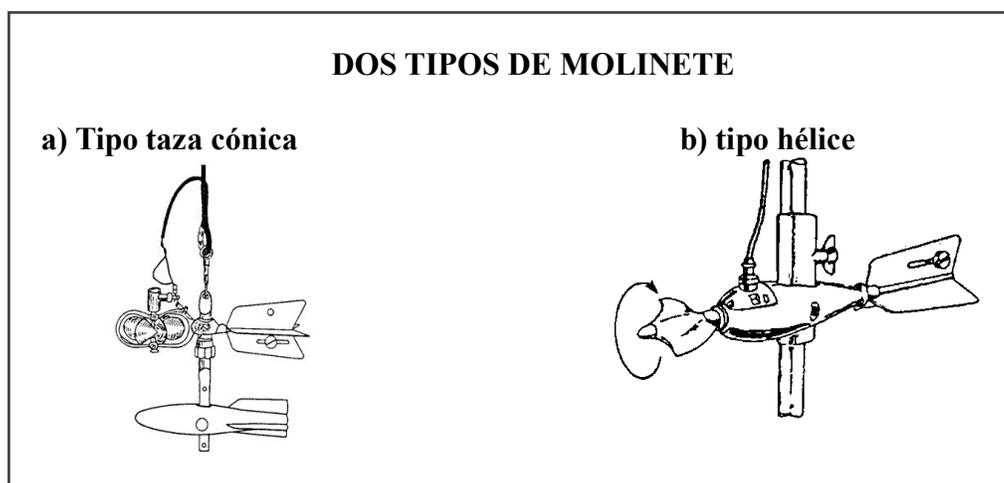
Mediante lo mencionado se caracterizó cada uno de los distintos procesos que cuenta actualmente la PTAR de la ciudad de Pablo Sexto, con ello se realizó:

- Un previo al diagnóstico conceptual, antecedentes y diseño estructural de los distintos procesos del sistema de tratamiento de aguas residuales.
- Posteriormente se realizó la constatación visual, los cuales se anotaron y se digitalizaron cada observación con las respectivas recomendaciones de los distintos procesos actuales del sistema de tratamiento de las aguas residuales.
- Los resultados se da mediante un informe con las observaciones y recomendación basándose con el marco teórico de los distintos procesos existente del lugar.

### 3.3.3 Metodología para el tercer objetivo: Determinar el caudal del efluente de la Planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad Pablo Sexto y de la quebrada del río Tunanza.

Para la determinación del caudal se lo realizó con un molinete el cual sirve para medir la velocidad en un único punto y para calcular la corriente total hacen falta varias mediciones. El procedimiento consiste en medir y en trazar sobre papel cuadriculado la sección transversal de la corriente e imaginar que se divide en franjas de igual ancho. La velocidad media correspondiente a cada franja se calcula a partir de la media de la velocidad medida de la profundidad en esa franja. Esta velocidad multiplicada por la superficie de la franja da el caudal de la franja y el caudal total es la suma de las franjas. (FAO, 1997)

La determinación más exacta de la velocidad se puede obtener utilizando un molinete. Los dos principales tipos de molinete. El de tipo de taza cónica gira sobre un eje vertical y el de tipo hélice gira sobre un eje horizontal. En ambos casos la velocidad de rotación es proporcional a la velocidad de la corriente; se cuenta el número de revoluciones en un tiempo dado, ya sea con un contador digital o como golpes oídos en los auriculares que lleva el operador. En las corrientes superficiales se montan pequeños molinetes sobre barras que sostienen operarios que caminan por el agua. Cuando hay que medir caudales de una avenida en grandes ríos, las lecturas se toman desde un puente o instalando un cable suspendido por encima del nivel máximo de la avenida; el molinete se baja por medio de cables con pesas para retenerlo contra la corriente del río (FAO, 1997).



**Figura 2.** Tipos De Molinetes a) Molinete Tipo taza cónica b) Molinete tipo hélice  
**Fuente:** N.W HUDSON, 1997.  
**Adaptado por:** Luis Quinatoa

El molinete tipo hélice tiene protección del turbo-prop sensor, está unida a un display digital, el cual incorpora un premediador de velocidad para la mayoría de las mediciones de gran exactitud. El molinete hidráulico puede calcular en base de la velocidad de flujo en un canal, cañería, el telescopio tiene varias medidas disponibles, el cual permite hacer la medición del flujo fácil en cualquier lugar, se usa para mediciones en esteros, ríos, lagos, cursos de agua, estudios de infiltración y muchas otras aplicaciones (Mártinez, 2015).

Una vez obtenido la velocidad del efluente y el río, mediante los teoremas de Pitágoras se realiza el cálculo seccionalmente los distintos perfiles dando así el resultado total del área con la sumatoria de las distintas secciones mediante las siguientes formulas.

Área de un rectángulo

$$A = b * h$$

Área de un triángulo rectángulo

$$A = \frac{B*h}{2}$$

Donde:

b = Base

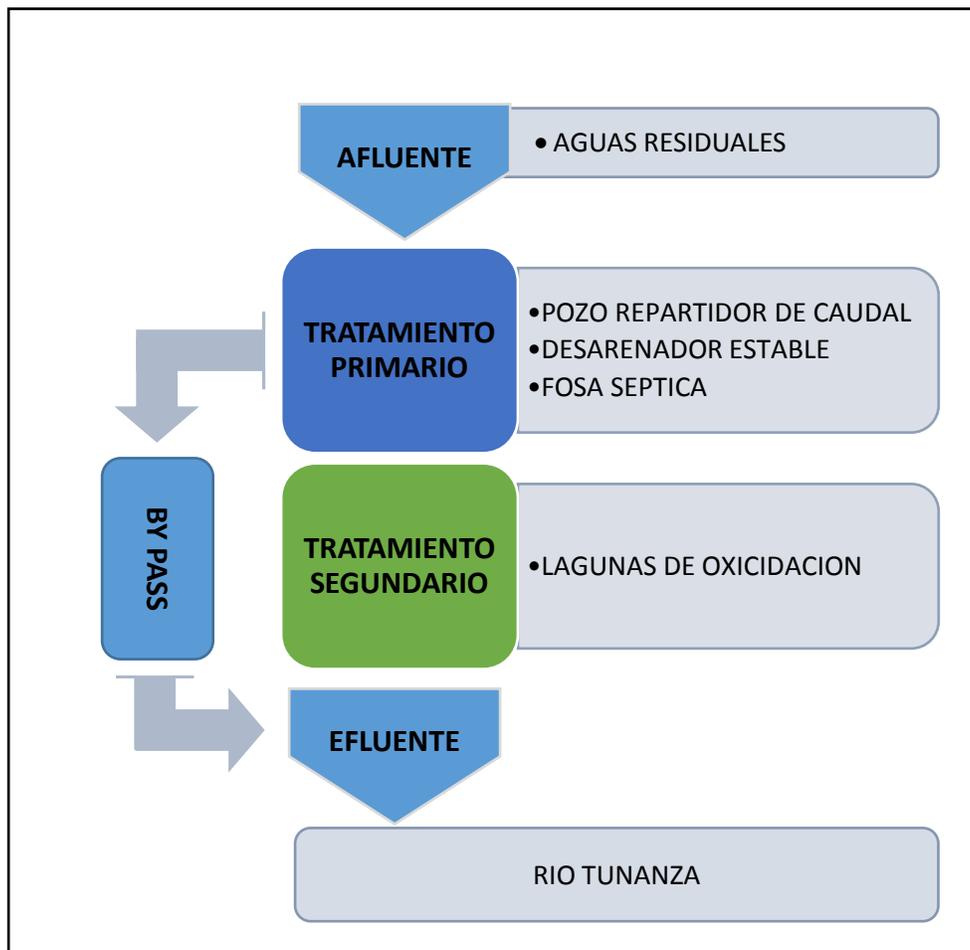
h= Altura

### 3.4 Diseño de la investigación

Para los respectivos análisis se tomaron muestras simples, representando solamente las características del agua residual para el instante de muestreo y, en la mayoría de los casos, pueden no ser representativas de un periodo prolongado puesto que estas características varían con el tiempo.

El análisis previo del uso del agua y de las fuentes contaminantes sirvieron para la elaboración de diagramas de flujo permite formular más apropiadamente un programa de muestreo.

**Figura 3.** Diagrama del proceso de la PTAR de la ciudad Pablo Sexto.



El muestreo se realizó en el efluente de la PTAR la selección de los sitios de muestreo se escogió cuidadosamente, particularmente en el caso de residuos crudos, la composición de estos puede presentar variaciones considerables a través del tiempo hacia la recepción en los laboratorios. Puede ocurrir que no exista una mezcla homogénea de residuos de diferentes cauces. Antes de seleccionar el sitio de muestreo, se diagnosticó los puntos de muestreo preliminar para

establecer todas las variaciones; el sitio del punto de muestreo rutinario se determinó luego la evaluación del funcionamiento de la PTAR.

En general se tomaron 1 galón en cada uno de los puntos de muestreos para la cómoda utilización de las sondas para la determinación de los parámetros físicos y posteriores a ello para análisis químico y microbiológico

Todo recipiente realizo la etiqueta identificación que incluye fecha de muestreo, nombre de la fuente, sitio de muestreo, tipo de muestra, hora de muestreo.

Las condiciones previo a la ejercitación del muestre fueron:

- 1) Definir el objetivo específico de la muestra.
- 2) Revisar la información existente sobre el agua a muestrear.
- 3) Identificar las fuentes de contaminantes.
- 4) Definir la variabilidad de la muestra.
- 5) Seleccionar la localización más representativa.
- 6) Establecer el horario representativo de la variabilidad de la muestra.
- 7) Definir las normas requeridas para satisfacer el objetivo propuesto.
- 8) Acordar con el laboratorio la cantidad de muestra y los preservativos requeridos.
- 9) Revisar con el laboratorista los resultados y la necesidad eventual de muestras condicionales.
- 10) Elaborar siempre un informe breve que permita satisfacer el objetivo propuesto y correlacione las concentraciones determinadas con los caudales observados.

### **3.4.1 Puntos de muestreo.**

El presente proyecto se caracterizó usando los métodos de observación, analíticos de laboratorio determinando en distintos puntos:

- Se muestreo el efluente del By-Pass de la PTAR del cantón pablo sexto.
- Se muestreo antes y después del efluente vertido a la quebrada del río Tunanza.

Diagnostico 1= Según la normativa ecuatoriana en cotas de 10 m. antes y después.

Diagnostico 2= Para determinar el comportamiento del efluente a 30 m. antes y después.

### 3.4.2 Protocolo de muestreo de agua

Mediante el proceso del muestro, incluyendo los métodos de toma de la muestra, preservación, codificación, transporte y su correspondiente análisis. Esta es esencial para asegurar la representatividad e integridad de la muestra desde su toma hasta el reporte de sus resultados. Con la cadena de custodia se aseguró la confiabilidad de la muestra y permitir la trazabilidad de la misma. A continuación se describen cada uno de los pasos que se seguio para el control de las muestras:

**Etiquetas:** Es la identificación de las muestras, se pegó a los frascos antes del muestreo, con papel adhesivo y en las mismas dio a contener la siguiente información:

- Código: Número de Identificación de la muestra.
- Fecha: Fecha en la cual se realizó la toma de la muestra.
- Hora: Hora en la que se tomó de la muestra.
- Lugar: Es la ubicación general del sitio donde se tomó. (Coordenadas geográficas).
- Tipo de muestra: Agua residual, Rio arriba, Rio abajo.
- Punto de Toma: Lugar donde se toma la muestra (Ejm: By-Pass de PTAR, Rio arriba, etc.)
- Parámetro medido In Situ: Temperatura
- Responsable: Nombre del Recolector.
- Teléfono: Teléfono del usuario
- Dirección: Dirección del Usuario.

**Sellos:** estos son útiles para evitar alteraciones de la muestra una vez tomada, se recomienda sellar los recipientes con papel autoadhesivo o con sellos de plástico. El sello se debe adherir de tal manera que sea necesario romperlo para abrir el recipiente de la muestra, después de que el muestreador seda la custodia la muestra al laboratorio para su correspondiente análisis.

**Formato de Toma de muestras:** El formato contiene información básica necesaria, para identificar las condiciones y características de la muestra y del sitio de la toma de la muestra, incluye la siguiente información: Sitio de muestreo, identificación de la muestra, características del muestreo, firma del recolector responsable, fecha, hora y sitio de muestreo: tipo de muestra y las fechas correspondientes.

**Entrega de la muestra en el laboratorio:** Las muestras se entregó en el laboratorio lo más pronto posible después del muestreo, sin exceder el tiempo de almacenamiento y preservación máximo permitido mediante un cooler a temperatura 6°C, por tal razón se planificar el procedimiento para asegurar su entrega oportuna en el laboratorio.

**Recepción y registro de la muestra:** En el laboratorio la persona que recibió las muestras inspecciona las condiciones de la muestra y el sello de seguridad, compara la información de la etiqueta con la del formato de toma de muestras y el laboratorio le asigne un nuevo código, la registra en el libro del laboratorio, y la refrigera para ser finalmente analizada.

### **3.5 Tratamiento de datos.**

Los análisis físicos y químicos se realizaron en el laboratorio de aguas de la Universidad Estatal Amazónica con los distintos procedimientos las normas estándares.

Los análisis microbiológicos y parte de los análisis químicos de enviaron al laboratorio de aguas de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Mediante los resultados obtenidos se dio la comparación con la normativa vigente de la TABLA 12 “Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce” ANEXO 6 del Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULSMA).

### **3.6 Recursos Humanos y materiales.**

- Asesor del proyecto de investigación Dr. Alberto Vélez.
- Dos estudiantes de la carrera de Ing. Ambiental.
- GAD Municipal de Pablo Sexto.
- Naturaleza y Cultura Internacional.
- Ing. Augusto Flores.
- Guía de encargo del GAD municipal Pablo Sexto (Antonio).
- Asesor del laboratorio Ing. Jorge Reyes.

#### **Materiales.**

- Frascos.
- Etiquetas.
- Esferos.
- Reactivos.

- Cubetas.
- Cinta metrica.
- Regleta.
- Cubreobjetos.
- Pipeta.
- Agenda.
- Esferos.
- Vaso de precipitación.
- Tubos de ensayo.
- Gradilla.
- Caja petri.
- Termómetro.
- Culer.

#### **EQUIPOS.**

- Molinete.
- Multiparametrico.
- GPS.
- Espectofotometro.
- Estufa.
- Aparato bodtrak™.

## CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Diagnostico del funcionamiento de la PTAR de la Ciudad de Pablo Sexto.

La planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Pablo Sexto se encuentra ubicada en la entrada de la ciudad, sector del redondel con un área de 37 hectáreas compartiendo el con el relleno sanitario, rancho municipal y vivero de plantas perteneciendo a un área municipal. La misma funciona desde el año 2005 sirviendo a una población de 904 habitantes de la respectiva ciudad con una proyección de vida útil de la PTAR de 30 años.

La PTAR de pablo sexto consta de los siguientes componentes.

#### Tratamiento Primario

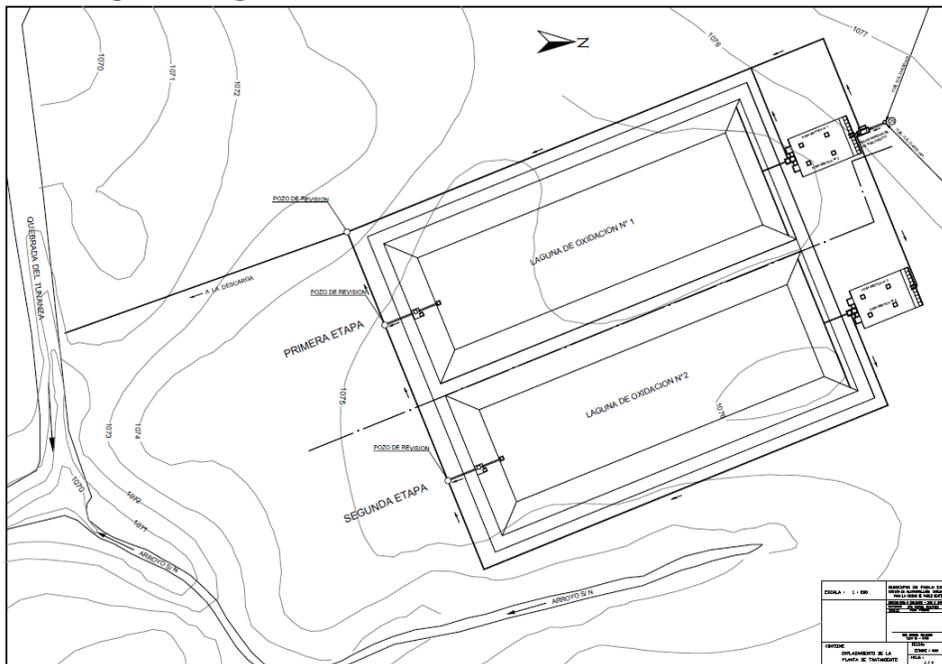
- Cajón repartidor de caudales
- Desarenador estable de rejillas metálicas
- Fosa séptica

#### Tratamiento secundario

- Lagunas de oxidación
- Pozo de revisión

La evaluación se realizó en base al análisis de cada uno de los componentes de la planta siguiendo el siguiente esquema que corresponde a la planta.

Ilustración 4.- Esquema de planta de tratamiento de la ciudad de Pablo Sexto



**Figura 1.** Planta de tratamiento de las aguas residuales del cantón pablo.

**Fuente:** departamento de panificación y obras públicas del GADM PS



**Figura 2.** Mapa elaborado por la unidad de gestión ambiental GAD Pablo Sexto.

**Fuente:** SENPLADES.

## 1. Observaciones técnicas Generales de la PTAR.

### 1.1 Caudal de ingreso a la planta.

Se constató que el caudal de ingreso a la planta se mezcla previamente con un flujo de agua superficial procedente de la ciudad de Pablo Sexto, lo que influye directamente en la variación del cálculo de diseño de caudal de la planta y de las concentraciones de contaminantes en el mismo.

### 1.2 Bypass

El Principal funcionamiento de este conducto es la desviación del exceso de caudal directamente hacia el cuerpo de agua a verter, el mismo se encuentra junto a la laguna de oxidación #1 de la PTAR.

#### Observación técnica del Bypass.

Actualmente se encuentra como un flujo del agua sobre la superficie contaminando se esta manera el suelo y alterando el ecosistema natural.

### 1.3 Seguridad y Salud

Actualmente se puede dar el libre acceso de cualquier personal hacia la planta ya que no cuenta con cerramiento adecuado el acceso obstruido por la construcción de la vereda.

#### 1.3.1 Agua potable

En la PTAR de la ciudad de pablo Sexto no cuenta con el acceso de agua potable para aseo del personal de mantenimiento y operación.

### 1.4 Personal Encargado.

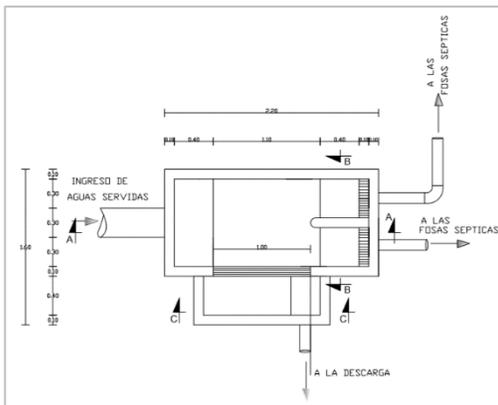
De las visitas realizadas se determinó que no existe un personal encargado de mantenimiento y operación de la PTAR.

## 2. Tratamiento primario

Desde la llegada al pozo de revisión está conformada por:

### 2.1 Cajón repartidor de caudales

Existe 1 cajón de hormigón simple de 1,60 m. x 2,20 m. cuya función como su nombre lo indica es el de recibir el caudal desde toda la red de recolección y dividirlo filtrando con un sistema de rejillas metálicas con barrotes de 16 mm con separación de 2,5 cm para la retención residuos sólidos previo los tratamientos además el cajón repartidor contiene un desviación del flujo de agua directamente hacia el receptor (Bypass), esto durante las actividades de mantenimiento de las unidades de tratamiento y caudales superiores a los del diseño.



**Figura 6.** Cajón repartidor de caudal  
**Fuente:** GAD Municipal de Pablo Sexto-  
Departamento de Obras publicas



**Fotografía 1** Repartidor de caudal del la PTAR de PS

### Observación técnica del cajón repartidor de caudales.

El problema más relevante del cajón es la falta de mantenimiento y operación ya que ha provocado el taponamiento de las reparticiones de caudal conjuntamente con el Bypass, resultado del mismo da el rebasamiento hacia la superficie desviando así el caudal por un

costado de la infraestructura de la PTAR y parte del caudal pasa superficialmente hacia las fosas sépticas y lagunas de oxidación.

### 2.3 Desarenador

La presente PTAR cuenta con unidades seccionalmente pareadas construidas con hormigón armado conjuntamente con rejillas mecánicas lo cual facilitan el manejo del funcionamiento de las mismas, Las medidas individuales conformadas con 0,66 m. de ancho 3,10 m. de largo y 0.80 m. de altura. El objetivo de los desarenado res es remover las partículas de cierto tamaño que pasan del tanque de descarga en donde las partículas se sedimentan al reducir la velocidad con que son transportadas por el agua, a fin de eliminar turbulencias en la zona de sedimentación (fosas sépticas), evitar chorros que puedan provocar movimientos rotacionales de la masa líquida y distribuir el afluente de la manera más uniforme posible a las fosas sépticas.

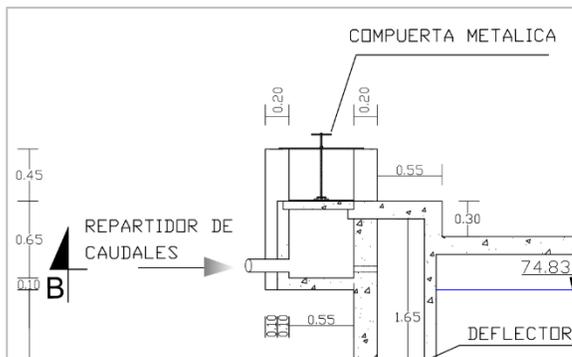


Figura 7. Desarenador estable de la PTAR PS



Fotografía 2. Fosa Séptica de la PTAR PS

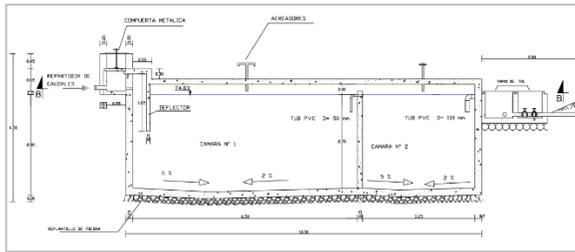
Fuente: GAD Municipal de Pablo Sexto- Departamento de Obras publicas.

### Observación técnica de los desarenadores.

Por la falta del respectivo mantenimiento de las rejillas se ha producido la oxidación lo cual inhabilita la correcta utilización dando así la colmatación de varillas, debido al uso.

### 2.4 Fosas Sépticas.

A partir de la estructura anterior el flujo continúa hasta cuatro fosas sépticas, ubicadas por pares donde el efluente recibe el tratamiento primario, el cual consiste en lograr decantar un alto porcentaje de material en suspensión. Esta unidad es de hormigón armado de 2,80 m. de altura con largo de 9,55 m. y 3,10 m. de ancho lo cual crea las condiciones necesarias para producir la decantación del material en suspensión. Además a la salida del efluente cuenta con una caja de regulación para el paso hacia el tratamiento secundario además cuanta con la conexión directa hacia el By-Pass para el mantenimiento de las respectivas lagunas de oxidación.



**Figura 8.** Fosa Séptica de la PTAR

**Fuente:** GAD Municipal de Pablo Sexto- Departamento de Obras publicas.

**Fotografía 3.** Fosa séptica de la PTAR PS

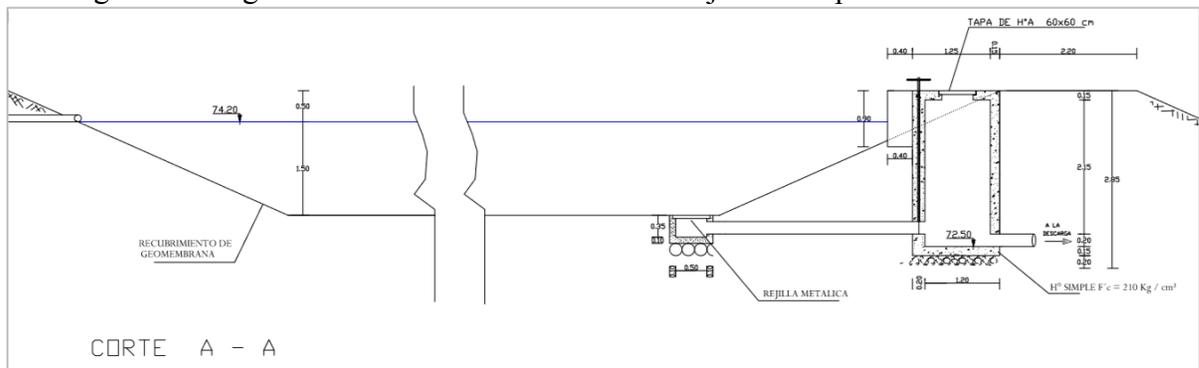
### Observación técnica de las Fosas Sépticas.

El problema relevante es mantenimiento de limpieza del material suspendido mediante tanques de succión para el mismo actualmente el acceso carrozable se encuentra obstruido por la vereda de la vía principal. Además no existe un acceso cercano hacia las Fosas Sépticas.

## 3. Tratamiento Secundario

### 3.1 Lagunas de oxidación

Desde las unidades de tratamiento primario el flujo continúa hasta un sistema de tratamiento secundario, Existen dos Lagunas de Oxidación que consiste en la degradación biológica de la carga orgánica individualmente con medidas de 66,75 m. de largo, 26.25 de ancho y con profundidad de 1,50 m. impermeabilizadas con geo membrana de alta densidad de 0,06 mm.. Para el desagüe se cuenta con una compuerta mecánica además para el desagüe total cada laguna de oxigenación cuenta cada una con una rejilla en la parte inferior.



**Figura 9** Laguna de Oxidación de la PTAR PS

**Fuente:** GAD Municipal de Pablo Sexto- Departamento de Obras publicas.



**Fotografía 4.** Laguna de oxidación



**Fotografía 5.** Tapa de Laguna de Oxidación



**Fotografía 6.** Situación actual de las lagunas de oxidación.

### **Observación técnica de las Lagunas de Oxidación.**

La falta de remoción del exceso de lodos acumulados mediante tanques de succión y personal para el mantenimiento. Existe además el desgaste por oxidación de las compuertas mecánicas las cuales dan paso al efluente tratado.

### **3.2 Pozos de revisión**

Cada efluente resultado de los tratamientos secundarios pasa por un pozo de revisión individual de acuerdo a cada laguna de oxidación en el cual sirve para la toma de los respectivos análisis del cual previo se dirige el efluente descarga al receptor.



**Fotografía 7.** Pozos de revisión

### **Observación técnica de los pozos de revisión**

Actualmente se encontró cubiertos con material pétreo sobre las tapas de los pozos lo cual se ha creado la proliferación de hierbas sobre los pozos obstaculizando la determinación del pase de caudal del tratamiento secundario.

### 3.3 incorporación del efluente al rio Tunants.



Fotografía 8. Descarga del efluente de la PTAR PS

#### Observación técnica de la incorporación del efluente al rio.

Actualmente mantiene un vertido del efluente de manera superficial lo cual está dando la erosión y contaminación del suelo.

### 4.2 Resultado objetivo:

#### Determinación del caudal mediante Molinete

Los perfiles verticales se trazaron con las medidas de profundidad total para determinar el área de total del perímetro mojado (Ilustración 10).

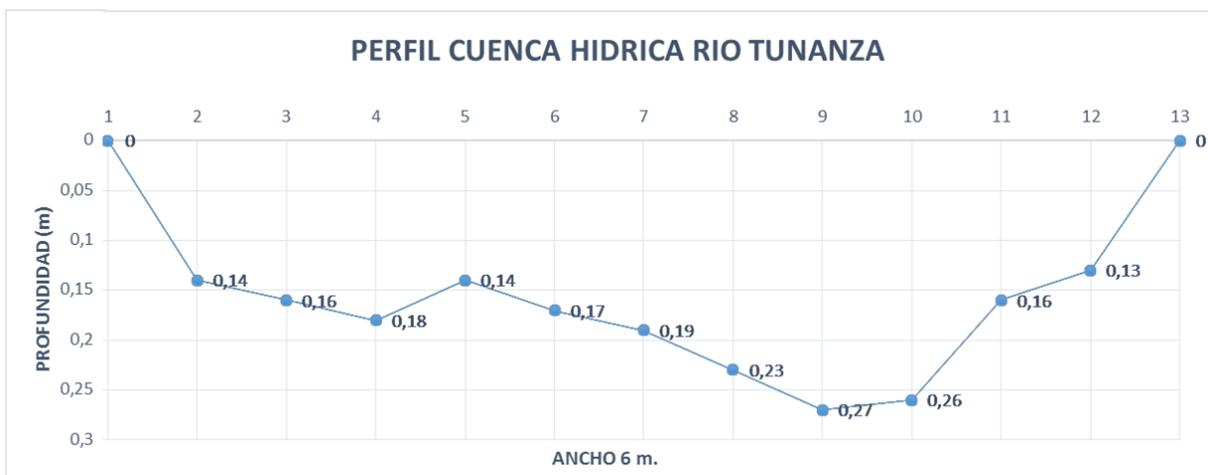


Figura 7. Elaborada por: Luis Javier Quinatoa.

El río Tunanza tiene una distancia total de 6 m., desde el borde izquierdo al borde derecho con 11 perfiles donde se tomaron las profundidades totales con el molinete las respectivas velocidades en perfiles de 10 y 20 cm desde la profundidad.

Calculo para determinación del caudal a partir de los datos tomados con un molinete.

<b>Tabla 7. Caudal del río Tunants</b>								
COORDENADAS UTM WGS84 17M			X: 0831252 Y: 9785987		ALTURA m.s.n.m. 1094			
OBSERVACIONES			Día cálido con cielo despejado / Agua cristalina (Anexo 2)					
Perfil Vertical	Distancia a la margen izquierda (m)	Profundidad total (m)	Medida	Profundidad (cm)	Velocidad (m/s)	Velocidad promedio (m/s)	Área (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0,5	0,14	1 <sup>a</sup>	10	0,33	0,33	0,035	0,012
3	1	0,16	2 <sup>a</sup>	10	0,36	0,36	0,08	0,029
4	1,5	0,18	3 <sup>a</sup>	10	0,45	0,45	0,09	0,041
5	2	0,14	4 <sup>a</sup>	10	0,10	0,10	0,07	0,007
6	2,5	0,17	5 <sup>a</sup>	10	0,47	0,47	0,085	0,04
7	3	0,19	6 <sup>a</sup>	10	0,21	0,21	0,095	0,02
8	3.5	0,24	7 <sup>a</sup>	10	0,34	0,42	0,12	0,05
			7B	20	0,49			
9	4	0,20	8 <sup>a</sup>	10	0,40	0,41	0,1	0,041
			8B	20	0,41			
10	4,5	0,19	9 <sup>a</sup>	10	0,42	0,34	0,01	0,032
			9B	20	0,25			
11	5	0,16	10	10	0,27	0,27	0,08	0,022
12	5,5	0,12	11	10	0,22	0,22	0,03	0,006
13	6	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total</b>						<b>0,33</b>	<b>0,88</b>	<b>0,3</b>

Para el cálculo del área total se sumó las distintas áreas respectivas aplicando el teorema de Pitágoras (rectángulo, triángulo rectángulo) dando como resultado

$$A = 0,88 \text{ m}^2.$$

La velocidad promedio se dio mediante las sumas de las distintas velocidades dando como resultado  $V = 0,33 \frac{m}{s}$

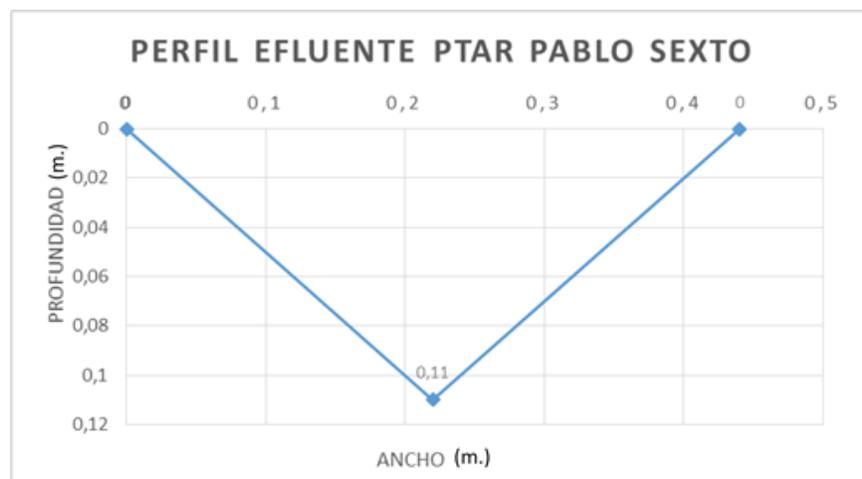
Aplicando el despeje de la ecuación de continuidad donde:

$$Q = A \cdot V \text{ da como resultado de } 0,3 \frac{m^3}{s}$$

$$Q = 300 \frac{lt}{s}$$

**Tabla 8. Caudal efluente de la PTAR de la ciudad Pablo Sexto**

COORDENADAS UTM		X: 0831250	ALTURA		1092			
WGS84 17M		Y: 9785989	m.s.n.m.					
OBSERVACIONES		Día cálido con cielo despejado / Agua cristalina (Anexo 2)						
Perfil Vertical	Distancia a la margen izquierda (m)	Profundidad total (m)	Medida	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)	Área (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	
1	0	0	0	0		0	0	
2	0,14		1A	0,11		0,69	0,0106	
3	0,28	0	0	0		0	0	
<b>Total</b>						<b>0,69</b>	<b>0,0154</b>	<b>0,0106</b>



**Figura 8.** Elaborada por: Luis Javier Quinatoa

Para el cálculo del área total se determinó la distinta área respectiva aplicando el teorema de Pitágoras (triángulo) dando como resultado:

$$A = 0,0106 \text{ m}^2.$$

La velocidad determinada mediante el molinete a profundidad de 0,10 m. es:

$$V = 0,69 \frac{m}{s}$$

Aplicando el despeje de la ecuación de continuidad donde dio como resultado:

$$Q = A.V = 0,0106 \frac{m^3}{s}$$

$$Q = 10,6 \frac{lt}{s}$$

Los puntos de muestreo fueron 10 m. río arriba en referencia al punto de descarga y 10 m. río abajo del mismo punto. Este muestreo se consideró con referencia a la legislación Ecuatoriana.

**TABLA 9. Coordenadas Geográficas UTM WGS 84 17M**

<b>PUNTO</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
P1D1	0831 252	9785986	Salida del By-Pass PTARPS
P2D1	0831250	9785989	Cota de 10 m. antes del río Tunants
P3D1	0831272	9785983	Cota de 10 m. después del río Tunants
P1D2	0831252	9785986	Salida del By-Pass PTARPS
P2D2	0831222	9785991	Cota de 30 m. antes del río Tunants
P3D2	0831290	9785973	Cota de 30 m. después del río Tunants

### 4.3 Resultados análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos

Según los análisis realizados sobre los parámetros físicos, químicos y biológicos se obtuvieron los siguientes resultados.

Pablo Sexto ,12 mayo 2016  
Luis Javier Quinatoa Valente  
Hora muestreo: 8:00 – 9:00 AM  
Laboratorios UEA – UNACH

**Tabla 10.** Análisis Físico, Químico y Microbiológico de la PTAR Pablo Sexto y el río Tunants

PARÁMETRO	MUESTRA A EFLUENTE	MUESTRA B RIO ARRIBA (10 m)	MUESTRA C RIO ABAJO (10 m)	TULAS LIBRO VI, TABLA 12, LMP	UNIDADES
DQO	62	≤ 10	36	250	mg / l
DBO5	17	1,5	10	100	mg / l
FOSFORO TOTAL	3.3	0.08 *	2,5	10,0	mg / l
NITRATOS	0.8	0.4	0,5	10,0	mg / l
NITRITOS	0,037	0,005	0,019	10,0	mg / l
OXIGENO DISUELTO	4.5	8,14	7,13	≥6	mg/l.
PH	6,45	6,75	6,50		Unidades
CONDUCTIVIDAD	307	54	87,7		µs/cm
TURBIEDAD	6,75	0,52	1,92		NTU
S. TOTALES	94	32	56	1600	mg / l
S. SEDIMENTABLES	0.5	< 0,1	< 0,1	1,0	mg / l
S. S TOTALES	15	< 1	5	100	mg / l
COLIFORMES TOTALES	64000	101	9300	< 5000**	UFC/100 ml
COLIFORMES FECALES	1000	4	3	≤ 3000	UFC/100 ml

\* Medido como Fosfatos.

\*\* LMP, Tabla 9. Criterio calidad para uso pecuario.

Pablo Sexto ,18 mayo 2016  
 Luis Javier Quinatoa Valente  
 Hora muestreo: 10:00 – 11:00 AM  
 Laboratorios UEA – UNACH

**Tabla 11.** Análisis Físico, Químico y Microbiológico de la PTAR Pablo Sexto y el río Tunants

PARÁMETROS	MUESTRA A EFLUENTE	MUESTRA B RIO ARRIBA (10 m)	MUESTRA C RIO ABAJO (30 m)	TULAS LIBRO VI, TABLA 12, LMP	UNIDADES
<b>DQO</b>	91	≤ 10	20	250	mg / l
<b>DBO5</b>	16	1,7	4	100	mg / l
<b>FOSFORO TOTAL</b>	3.6	0.19 *	1.6	10,0	mg / l
<b>NITRATOS</b>	0.027	0.004	0.010	10,0	mg / l
<b>NITRITOS</b>	0.5	0.3	0.5	10,0	mg / l
<b>S. TOTALES</b>	126	50	64	1600	mg / l
<b>S.</b>				1,0	mg / l
<b>SEDIMENTABLES</b>	3,8	< 0,1	< 0,1		
<b>S. S TOTALES</b>	19	< 1	2	100	mg / l
<b>OXIGENO DISUELTO</b>	2.14	8,24	7,45	10	mg/l.
<b>PH</b>	6,45	7,44	7,29	7	Unidades
<b>CONDUCTIVIDAD</b>	127,6	44,6	54,7		µs/cm
<b>TURBIEDAD</b>	7,77	0,68	2.21		NTU
<b>TEMPERATURA</b>	28,9	28,2	29,4	< 35	°C
<b>COLIFORMES TOTALES</b>	97000	147	7200	< 5000**	UFC/100 ml
<b>COLIFORMES FECALES</b>	200	< 2	100	≤ 3000	UFC/100 ml

\* Medido como Fosfatos.

\*\* LMP, Tabla 9. Criterio calidad para uso pecuario.

**Tabla 12.** Comparación de análisis con el grado de contaminación.

PARÁMETRO /COMPARACIÓN	PABLO SEXTO		AGUA RESIDUAL URBANA		
	12/06/16	18/06/16	DEBIL	MEDIA	ALTA
DQO, mg/l	62	91	250	750	1600
DBO5, mg/l	17	16	100	300	500
FOSFORO TOTAL, mg/l	3.3	3.6	6	15	33
S. T, mg/l	94	126	350	1000	2000
S. SEDIMENTABLES, mg/l	0.5	3,8	200	600	1300
S. S.TOTALES, mg/l	15	19	30	75	125

*Fuente: Ferrer polo & Torrecillas, 2007*

Adaptado por el autor, 2016

En la tabla 6 se observa valores de concentración de la PTAR de pablo sexto y los valores teóricos esperados de agua residual urbana. Los valores obtenidos de ingreso a la PTAR se presentan por debajo de las concentraciones normales de un agua residual urbana se dan por que existe una mezcla de los flujos entre el caudal de las aguas residuales y un caudal de agua dulce de origen indeterminado, lo cual produce una disolución de las concentraciones de los contaminantes en el caudal de ingreso a la PTAR.

Según Manuel Rodríguez menciona que la gran mayoría de aguas residuales urbanas presentan una DQO que oscila entre 200- 1000 mg/l. y en comparación a los datos obtenidos en los distintos días es de 62 y 91 mg/l.

En base al análisis de los componentes de la PTAR se determinó que la misma no se encuentra en funcionamiento, por lo que no se pudo determinar la eficiencia de la misma. La descarga de las aguas residuales se realiza por un Bypass directamente al río. Las concentraciones en el río previa y después de la descarga según se presentan en la Tabla 7.

**Tabla 13.** Comportamiento del efluente sobre el río Tunants

Parámetros	Distancia del vertido a		Distancia del vertido a		Unidad
	10 m. 12/18/16		30 m. 18/06/16		
	río arriba (A)	río abajo (B)	río arriba (A)	rio abajo (B)	
DQO	≤ 10	36	≤ 10	20	mg / l
DBO5	1,5	10	1,7	4	mg / l
FOSFORO TOTAL	0,08 *	2,5	0,19 *	1,6	mg / l
NITRATOS	0,4	0,5	0,004	0,010	mg / l
NITRITOS	0,005	0,019	0,3	0,5	mg / l
S. TOTALES	32	56	50	64	mg / l
S. SEDIMENTABLES	>0,1	>0,1	< 0,1	< 0,1	mg / l
S. S TOTALES	< 1	5	< 1	2	mg / l
OXIGENO DISUELTO	8,14	7,13	8,24	7,45	mg/l.
PH	6,75	6,50	7,44	7,29	Unidades
CONDUCTIVIDAD	54	87,7	44,6	54,7	µs/cm
TURBIEDAD	0,52	1,92	0,68	2.21	NTU
TEMPERATURA	28,5	28,8	28,2	29,4	°C
COLIFORMES TOTALES	101	9300	147	7200	UFC/100 ml
COLIFORMES FECALES	4	3	< 2	100	UFC/100 ml

En la Tabla 13 muestra el comportamiento del efluente sobre el río Tunants mediante los resultados de los distintos parámetros lo cual se aprecia un incremento en los distintos parámetros analizados en dos días diferentes entre los punto muestreados de A y B los puntos de muestreo son de distintas longitudes antes y después de la descarga del efluente, lo que demuestra el impacto ambiental del vertido al existir un incremento de la DBO, y los parámetros dando como resultado un proceso de eutrofización.

# CAPÍTULO V CONCLUSION Y RECOMENDACION

## 5.1 Conclusión.

En relación al objetivo general de Diagnóstico del funcionamiento actual de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Pablo Sexto se indica que actualmente la misma no se encuentra en funcionamiento, ya que actualmente no ingresa a la planta ningún caudal para su tratamiento.

Mediante la evaluación de la PTAR de la ciudad de Pablo Sexto se determinó irregularidades en distintas etapas de tratamiento como: el uso del bypass para desviar el caudal de ingreso a la planta hacia el río Tunants, el taponamiento del cajón repartidor de caudal y desarenadores por falta de mantenimiento dando como resultado el bloqueo al ingreso del agua a tratar en la planta.

Del muestreo realizado para cumplir con el segundo objetivo de Caracterizar los parámetros Físicos, químicos y de coliformes totales del efluente de la planta de tratamiento del cantón Pablo Sexto y el río Tunanza, se indica que los valores obtenidos de ingreso a la PTAR se presentan por debajo de las concentraciones normales de un agua residual urbana, esto se presenta por que existe una mezcla de los flujos entre el caudal de las aguas residuales y un caudal de agua dulce de origen indeterminado, lo cual produce una disolución de las concentraciones de los contaminantes en el caudal de ingreso a la PTAR.

Mediante los resultados de los análisis se determinó que la mayoría de los parámetros cumple con la normativa vigente estos se da por lo que existe una mezcla con un flujo de agua dulce proveniente del dique del río Tunanza diluyendo la concentración de los contaminantes en este caudal.

En referencia al tercer objetivo de “Determinar el caudal actual del efluente de la Planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad Pablo Sexto y de la quebrada del río Tunanza” si indica que el caudal del efluente de la PTAR PS es 10,6 Lt. de y del río Tunanza es 300 Lt.

Del análisis comparativo entre las muestras tomadas 10m río arriba y 10 río abajo se determinó que el vertido se encuentran provocado una contaminación en el río en los distintos parámetros como coliformes totales, DBO, lo cual produce el desarrollo del proceso de eutrofización.

## 5.2 Recomendaciones

Para el correcto funcionamiento de la PTAR se recomienda:

### **Recomendaciones para la rehabilitación**

- Dar responsabilidad y capacitación al jefe de planta con los respectivos operadores.
- La implementación del abastecimiento de agua potable para la limpieza de materiales y aseo personal de mantenimiento y operación.
- La implementación del Bypass con tubería de concreto de 21 plg para con ello facilitar las mediciones de caudales y toma de muestras para los respectivos análisis, además para la preservación del ecosistema biótico y abiótico evitando la contaminación y erosión del suelo.
- La adecuación e implementación de accesibilidad vial para la limpieza de las fosas sépticas y lagunas facultativas mediante bombas de succión en periodos anuales.
- Llevar mediante registro diario con la medición de caudales y observaciones relevantes del funcionamiento de la PTAR conjuntamente dar aviso al Jefe encargado.
- La construcción de una oficina y bodega en la PTAR donde se mantengan exclusivamente los materiales, herramientas y equipos de medición.
- Implementación de cerramiento en la PTAR.

### **Recomendaciones de operación**

- Realizar exámenes médicos a todos los trabajadores de operación y mantenimiento específicamente análisis parasitológico e inmunizados contra enfermedades tales como fiebre amarilla, hepatitis y tétanos.
- Realizar los análisis de los efluentes mediante el protocolo de muestreo y cadena de custodia para la determinación respectiva de los análisis Físicos, Químicos y microbiológicos en un laboratorio acreditado.

### **Recomendaciones de mantenimiento**

- La limpieza manual de las grasas y aceites en presencia de acumulación en la fosa séptica con el respectivo EEP (Anexo 1).
- La limpieza manual de los desarenadores para el correcto funcionamiento de la PTAR.
- Pintar las distintas unidades metálicas según corresponda para no que no exista corrosión con ello su preservar su vida útil.
- Realizar semanalmente la limpieza de maleza en la PTAR.

## CAPITULO VI.

### BIBLIOGRAFIA

- American Public Health Association. (2012). *Standard Methods for the examination of water and wastewater* (22nd ed.). (L. Bridgewater, Ed.) Washington.
- Cerda Gutiérrez, H. (2011). *Los elementos de la investigación; Cómo Reconocerlos, diseñarlos y construirlos*. Colombia: Magisterio.
- Certain, J. M., Amaya Molinares, N., & Pearson Arrieta, J. (2007). *Tratamiento de aguas Residuales mediante sistemas de lagunaje*. Barraquilla, Colombo: Uninorte.
- Crites, R., & Tchobanoglous, G. (2000). *Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones*. Bogotá: Mc Graw- Hill.
- FAO. (1997). *Medición sobre el terreno de la erosión suelo y la escorrentía*. Amphil , Bedford, Reino Unido: Silsoe Associates.
- Ferrer Polo, J., & Seco Torrecillas, A. (2007). *Tratamiento biológicos de agua residual*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- GAD municipal de Pablo Sexto. (2014). *Gobierno Autónomo descentralizado del cantón Pablo Sexto*. Obtenido de <http://www.pablosexto.gob.ec/index.php/canton>
- Hernández Muñoz, A. (2007). *Saneamiento y alcantarillado vertidos de aguas residuales*. España: Colegio de Ingenieros de caminos, canales y puertos.
- Hernández Sampiari , R., Fernández Collado , C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta ed.). Toronto: McGraw - Hill/ Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- Instituto ecuatoriano de normalización. (2000). *Agua, calidad de agua, muestreo, Diseño de los programas de muestreo*.
- Isla de Juana, R. (2005). *Proyecto de plantas de tratamiento de aguas*. Madrid: BELLISCO.
- MAE. (2014). *Norma de calidad ambiental y de descargas de efluentes: Recurso agua*. Ecuador.
- Manga Certain, J., Molinares Amaya, N., & Arrieta Pearson, J. (2007). *Tratamiento de aguas residuales mediante sistemas de lagunaje*. Barranquilla: Uninorte.
- Martín Monerri, M., & Marzal Doménech, P. (s.f.). *Modelación de calidad de agua*. Valencia.
- Martínez, M. (2015). *Medidores caudal molinete*.
- Metcalf and Eddy. (1995). *Ingeniería de aguas residuales, tratamiento, vertido y reutilización* (Tercera ed.). Madrid: McGraw- Hill.
- Nieto, G., & García, H. (2003). *Técnicas analíticas en el control de la ingeniería ambiental*. Granada: Universidad de Granada.
- Osorio Robles, F., Torres Rojo, J. C., & Sánchez Bas, M. (2010). *Tratamiento de aguas para la eliminación de microorganismos y agente contaminantes*. España: Díaz Santos.
- Rodríguez, M. G. (2005). *Procesos de Descontaminación de aguas*. Madrid: THOMSON.
- Romero Rojas, J. (1999). *Tratamiento de aguas residuales*. Escuela colombiana de Ingeniería.
- Seoánez Calvo, M. (2003). *Manual de tratamiento, reciclado, aprovechamiento y gestión de las aguas residuales de las industrias agroalimentarias*. Madrid: Mundi-Prensa.

## **ABREVIATURAS**

EPP:	Equipo de protección personal.
GAD:	Gobierno autónomo descentralizado.
TULSMA:	Texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente.
LPM:	Limites máximo permisibles.
FNCI:	Fundación naturaleza y cultura internacional

## CAPITULO VI. ANEXOS

### 6.1 Anexo 1. Señalética para la planta de tratamiento de agua residuales de la ciudad Pablo Sexto.

El tamaño de las señaléticas en los letreros debe de ser realizados de acuerdo a la Norma INEN A4-10.

**Tabla 13. Señalética informativa**

CANT.	DESCRIPCION	TAMAÑO	LUGAR UBICACIÓN
1	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	0.7x 1.5 m.	Entrada a la planta de tratamiento
2	FOSAS SÉPTICAS	1 x 2 m.	Junto a las fosas sépticas de
1	LAGUNAS DE OXIDACIÓN	1 x 2 m.	Cerca de la laguna de oxidación 1
3	POZO DE REVISION	0.5 x 2 m	Junto a pozos de revisión
1	REJILLAS DESARENADORAS	0.5 x 2 m	Frente a los rejillas desarenadores

Realizado por el autor, 2016

**Tabla 14. Señalética de obligación**

CANT.	DESCRIPCION	LUGAR UBICACIÓN	TAMAÑO	IMAGEN
1	Uso obligatorio de botas	Entrada de la planta de tratamiento	0.3 x 0.5 m.	
1	Uso obligatorio de mascarilla	Entrada de la planta de tratamiento	0.3 x 0.5 m.	
1	Uso obligatorio de casco	Entrada de la planta de tratamiento	0.3 x 0.5 m.	

1	Uso obligatorio de chaleco	Entrada de la planta de tratamiento	0.3 x 0.5 m.	
1	Uso obligatorio de guantes	Entrada de la planta de tratamiento	0.3 x 0.5 m.	

Realizado por el autor, 2016

**Tabla 15. Señalética de prohibición**

CANT.	DESCRIPCION	LUGAR UBICACIÓN	TAMAÑO	IMAGEN
1	Solo personal autorizado	Entrada a la planta de tratamiento	40cm x 27cm	
2	Prohibido fumar	Entrada y dentro de la planta de tratamiento	40cm x 27cm	
2	Prohibido arrojar basura	Entrada y dentro de la planta de tratamiento	40cm x 27cm	
1	Solo vehículos autorizados	Entrada y dentro de la planta de tratamiento	40cm x 27cm	

Realizado por el autor, 2016

**Tabla 16. Señalética de tránsito vial**

<b>Cant.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Lugar ubicación</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Imagen</b>
1	Velocidad máxima	Junto a la vía de acceso	0.6*0.9 m	

Realizado por el autor, 2016

**Tabla 17. Señalética de indicadora**

<b>Cant.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Lugar ubicación</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Imagen</b>
1	Punto de encuentro	Dentro de la planta de tratamiento	0.3*0.5 m	

Realizado por el autor, 2016

**Tabla 18. Señalética advertencia**

<b>Cant.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Lugar ubicación</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Imagen</b>
2	Riesgo biológico	Junto a las lagunas a las fosas sépticas y las lagunas de oxidación	0.3 x 0.5 m	

Realizado por el autor, 2016

**Tabla 19. Instructivos de seguridad y mantenimiento.**

<b>Cant.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Lugar ubicación</b>	<b>Tamaño</b>
1	Señalética de mantenimiento de la PTAR	En el interior de la planta de tratamiento	90 cm x 130 cm

**CONTENIDO  
MANTENIMIENTO**

Toda el área libre de peligros debe mantenerse limpia y en orden. Esta actividad diaria es responsabilidad de cada trabajador. Las reglas de mantenimiento incluye:

- Utilizar el equipo de protección personal ante la actividad a realizar.
- Organizar eficientemente las herramientas y equipos.
- Regresar cada cosa a su debido lugar después de su uso.
- Mantener el área de trabajo libre de trapos, basura y otros.
- Limpiar rápidamente todo derrame de solidos o líquidos.

## 6.2 Anexo 2. Fotografías de campo.

Fotografía 4 Situación actual Bypass



Fotografía 10 Medición de velocidad del río Tunants



Fotografía 11 Medición de la velocidad del efluente de la PTAR



Fotografía 12 Medición de la velocidad del río Tunanza



### 6.3 Anexo 3.- Fotografías monitoreo y análisis.

Fotografía 12. Realización análisis en el Lab. Amb. U.E.A



Fotografía 14 Resultado SST 18/06/16 1) agua residual 2) agua rio arriba.



Fotografía 13 Realización análisis en el Lab. Amb. UEA – S.S.T.



Fotografía 15. Medición del pH con el electrofotómetro, Lab. U.E.A.



