

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO PREVIO A LA
OBTENCIÓN DE TÍTULO DE:**

INGENIERO AMBIENTAL

TEMA:

**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO – QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA
DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA DEL BARRIO LAS AMÉRICAS
EN EL AÑO 2018”**

AUTORES

Fonseca Núñez Johnny Paul

Andi Paucay Jefferson Marcelo

TUTOR

M.Sc. Carlos Raúl Valverde Lara

PUYO – ECUADOR

2018 – 2019

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros Johnny Paul Fonseca Núñez con C.I. N°.160067197-6 y Jefferson Marcelo Andy Paucay con C.I. N°.140077467-3, autores y responsables del proyecto de investigación con el tema “Evaluación de la calidad físico -química y microbiológica de la planta potabilizadora de agua del barrio las américas en el año 2018”. Con la asesoría del M.Sc. Carlos Raúl Valverde Lara, declaramos que el contenido del presente proyecto de investigación está basado en una investigación exhaustiva, respetando fuentes de información de terceros, así como de pensamientos propios.

Le cedemos los derechos a la **Universidad Estatal Amazónica** para hacer uso del contenido con fines académicos o de investigación.

Johnny Paul Fonseca Núñez

Jefferson Marcelo Andy Paucay

DEDICATORIA

Primeramente, a Dios por brindarnos la fortaleza para lograr la meta planteada.

A nuestras familias por sus consejos y por ser el pilar fundamental en nuestra vida, a nuestros hermanos y familia de consanguinidad por su apoyo, moral espiritual y económica, comprensión, amor y ayuda en los momentos difíciles.

Sé que estas palabras no son suficientes para expresar nuestro agradecimiento, pero espero que con ellas, se den a entender nuestros sentimientos de aprecio y cariño a todos ellos.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por habernos brindado la fortaleza y sabiduría necesaria en este camino lleno de dificultades, a nuestras familias por ser el pilar fundamental en nuestra vida, por su incondicional apoyo, a la Universidad Estatal Amazónica, a nuestros distinguidos profesores con los que compartimos día a día gratos momentos y experiencias así como sus conocimientos durante nuestra formación profesional, a nuestros compañeros porque sin sus ocurrencias, bromas pesadas y sentido del humor todo hubiera sido aburrido, de igual manera a nuestro tutor por sus opiniones constructivas, durante el desarrollo del presente proyecto de investigación.

RESUMEN

En esta investigación se aborda la evaluación de la calidad del agua que se consume en el barrio las Américas y la comunidad universitaria de la UEA. Se realizó el análisis físico, químico y microbiológico a muestras a la entrada (afluente) y salida (efluente) de la planta, para la evaluación se determinaron los flujos de agua, donde se tomaron muestras para realizar los siguientes parámetros: pH, Turbidez, conductividad, Oxígeno disuelto, Sólidos suspendidos totales, Sólidos disueltos, coliformes totales, coliformes fecales, Cadmio y plomo. El ICA se estableció en un rango de 51-70, que es catalogada como agua de calidad media, este tipo de agua debe ser sometida a un tratamiento convencional para encontrarse apta para el consumo humano. En los análisis de laboratorio se determinó las concentraciones de los parámetros mediante la metodología del standard methods for the examination of water and wastewater, HACH y para coliformes el método de siembra profunda en caja Petri y el método de tubos múltiples. En el proceso de evaluación se evidenció que el parámetro de coliformes totales y fecales sobrepasan los LMP establecidos en la norma INEN 1108. Quinta revisión y la normativa nacional vigente (TULSMA Libro VI, tabla 1), pues no existe una adecuada remoción de los mismos y el diseño actual que posee la planta presenta características ineficientes, como es el caso del filtro de flujo lento que no se adecua a las necesidades del proceso y carece de un sistema de cloración al final de la PTAP.

Palabras claves: Evaluación, Parámetros, Calidad, Proceso.

ABSTRACT

This research addresses the evaluation of the quality of water consumed in the Las Americas neighborhood and the university community of the UEA. The physical, chemical and microbiological analysis was carried out on samples at the entrance (affluent) and outlet (effluent) of the plant, for the evaluation the water flows were determined, where samples were taken to perform the following parameters: pH, Turbidity, conductivity, dissolved oxygen, total suspended solids, dissolved solids, total coliforms, fecal coliforms, cadmium and lead. The ICA was established in a range of 51-70, which is classified as medium quality water, this type of water must be subjected to a conventional treatment to be suitable for human consumption. In the laboratory analyzes the concentrations of the parameters were determined using the methodology of the standard methods for the examination of water and wastewater, HACH and for coliforms the method of deep sowing in Petri dish and the method of multiple tubes. In the evaluation process it was evidenced that the parameter of total and fecal coliforms exceed the MPLs established in the INEN 1108 standard. Fifth revision and the current national regulations (TULSMA Book VI, table 1), since there is no adequate removal of them and the current design of the plant has inefficient characteristics, such as the slow-flow filter that does not adapt to the needs of the process and lacks a chlorination system at the end of the PTAP

Keywords: Evaluation, Parameters, Quality, Process

SIMBOLOGÍA Y ABREVIATURAS

- UEA:** Universidad Estatal Amazónica
- PH:** Potencial de hidrogeno
- C. Fecal:** Coliformes Fecales
- C. Total:** Coliformes Totales
- SD:** Sólidos Disueltos
- SST:** Sólidos Suspendidos Totales
- SS:** Sólidos Sedimentables
- OD:** Oxígeno Disuelto
- UFC:** Unidades formadoras de colonias
- NMP:** Número más Probable de Microorganismos.
- LMP:** Límite máximo permitido.
- PTAP:** Planta de tratamiento de agua potable
- NTU:** Unidades nefelométricas (Turbidez)
- INSF:** Índice de la fundación nacional de saneamiento
- ICA:** Índice de calidad ambiental
- µs/cm:** microsiemens/centímetro.
- Cd:** Cadmio
- Pb:** Plomo
- L/s:** Litros por segundo
- Km:** Kilómetro
- °C:** Grados centígrados
- m.s.n.m.:** Metros sobre el nivel del mar
- m³:** Metro cúbico
- mg/L:** Miligramos por litro

INDICE GENERAL

CAPITULO I	1
1.-INTRODUCCIÓN.....	1
1.1Probleática.....	1
1.2.-Planteamiento del problema de investigación y su justificación	2
1.2.1.-Formulación del problema	2
1.3.-OBJETIVOS	2
1.3.1.-Objetivo general.....	2
1.3.2.-Objetivos específicos	2
CAPÍTULO II	3
2.-FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
2.1.-Antecedentes	3
2.2.-Bases teóricas.....	4
2.2.1.-El agua	4
2.3.-CARÁCTERÍSTICAS DEL AGUA	4
2.3.1.-CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.....	4
2.3.2.-Color	4
2.3.3.-Turbiedad	5
2.3.4.-Alcalinidad	5
2.3.5.-Dureza.....	5
2.3.6.-pH del agua	6
2.5.-CONSTITUYENTES DEL AGUA.....	7
2.5.1.-Iones mayoritarios.....	7
2.5.2.-Iones minoritarios.	7
2.5.3.-Elementos traza.	7
2.5.4.-Gases disueltos. –	7
2.5.6.-Parámetros físicos. -	7
2.5.7.-Características físico químicas.	7
2.7.-AGUA DE CONSUMO HUMANO	8
2.8.-CALIDAD DEL AGUA	9
2.8.1.-Calidad del agua según su pH	9
2.9.-AGUAS APTAS PARA EL CONSUMO HUMANO	10
2.9.1.-Agua potable	10
2.9.2.-Agua mineral.....	10
2.9.3.-Aguas envasadas o embotelladas.....	10
2.9.4.-Agua de mineralización artificial	10
2.10.-CONTAMINANTES DEL AGUA	11

2.10.1.-Contaminantes físicos	11
2.10.1.1.-Temperatura	11
2.10.1.2.-Sólidos en suspensión.....	11
2.10.1.3.-Partículas radioactivas	11
2.10.2.-Contaminantes químicos	11
2.10.2.1.-De orden orgánico	11
2.10.2.2.-De orden inorgánico	11
2.10.2.3.-Gases.....	12
2.10.3.-Contaminantes biológicos	12
2.10.3.1.-Materia orgánica.....	12
2.10.3.2.-Microorganismos.....	12
2.11.-PROCESOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS	13
2.11.1.-Pretratamiento	14
2.11.2.-Desbaste.	14
2.11.3.-Disipador de energía. -	14
2.11.4.-Desarenador.	14
2.11.5.-Sedimentación. -	14
2.11.6.-Filtración. -	14
2.11.7.-Almacenamiento.	14
3. Marco legal	15
3.1.- Criterios de calidad para aguas de consumo humano y uso doméstico.....	15
3.2.-Norma técnica ecuatoriana INEN NTE 1108 2014. Quinta revisión. Agua potable.	16
3.3.- Valores reportados en el estudio previo del año 2012 en la planta de tratamiento del barrio las Américas.....	17
CAPÍTULO III.....	20
3.-METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	20
3.1.-Localización	20
3.2.-Tipo de Investigación.....	23
3.3.-Método de investigación	23
3.4.-Desarrollo de los métodos de investigación	23
3.4.1.-Medición de Caudales	24
3.4.2.-Muestreo en la planta potabilizadora del barrio las Américas	24
3.4.3.-Etiquetado de las muestras	25
3.4.4.-Transporte de las muestras	25
3.4.5.-Limpieza de los recipientes	25
3.5.-Desarrollo de la metodología para los parámetros físico- químicos	25
3.5.1.-pH. – Potencial de Hidrógeno – Standard methods 4500 H+B.....	26

3.5.2.-Turbidez- standard methods 2130 b método nefelométrico.....	26
3.5.3.-Conductividad eléctrica- <i>Hach 8160</i>	27
3.5.4.-Oxígeno Disuelto - <i>Hach 10360</i>	27
3.6.-Determinación de sólidos.....	28
3.6.1.-Sólidos suspendidos totales -Standard Methods 2540 – B.....	28
3.6.2.-Sólidos disueltos	29
3.7.-Determinación de Coliformes totales por el método de tubos múltiples.	29
3.7.-Determinación de Coliformes fecales y totales por el método de siembra profunda	31
3.8.-Determinación de Pb y Cd	32
3.9.-Determinación del índice de calidad de agua (ICA).....	33
CAPÍTULO IV	34
4.-RESULTADOS ESPERADOS Y DISCUSIÓN	34
4.1.-Determinación de caudales.....	34
4.2.-Caracterización de parámetros físicos- químicos y microbiológicos.	34
4.2.1.-Oxígeno disuelto	34
4.2.2.-Potencial de hidrógeno.....	35
4.2.3.-Turbidez.....	36
4.2.4.-Conductividad eléctrica.....	36
4.2.5.-Sólidos suspendidos totales	37
4.2.6.-Sólidos disueltos	38
4.2.7.-Coliformes totales NMP.....	38
4.2.8.-Coliformes totales UFC.....	39
4.2.9.-Coliformes fecales UFC.....	40
4.2.10.-Determinación de metales pesados Cd y Pb	40
4.3.-Comparación de resultados con la legislación ambiental nacional.	42
4.4.- ICA – Índice de calidad ambiental	43
4.5.-DISCUSIÓN	44
4.6.-Medidas Correctivas	46
CAPITULO V.....	47
5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	47
Bibliografía	49
ANEXOS	51

Índice de graficas

Grafica 1.-Gráfico comparativo de la turbiedad con respecto a la norma INEN y TULAS (2012).	17
Grafica 2.-Gráfico comparativo de los Sólidos Totales con respecto a la norma INEN y TULAS (2012).....	17
Grafica 3.-Gráfico comparativo de la Demanda Bioquímica de Oxígeno con respecto a la Texto Unificado de Legislación Ambiental (2012).	18
Grafica 4.-Gráfico comparativo de los Coliformes Totales con respecto a la norma INEN y TULAS (2012).	18
Grafica 5.-Gráfico comparativo de los Coliformes Fecales con respecto a la norma INEN (2012).....	19
Grafica 6.-Grafica 6.-Representación de caudales en diferentes días a la entrada y salida de la PTAP.....	34
Grafica 7.-Representación de los valores de oxígeno disuelto (OD) a distintas horas a la entrada y salida de la PTAP.	35
Grafica 8.-Representación de los valores del potencial de hidrogeno (pH) a la entrada y salida de la PTAP.....	35
Grafica 9.-Representación de los valores del potencial de hidrogeno (pH) a la entrada y salida de la PTAP.....	36
Grafica 10.-Representación de los valores de conductividad a la entrada y salida de la PTAP ..	37
Grafica 11.-Representación de sólidos totales a la entrada y salida de la PTAP.....	37
Grafica 12.-Representación de sólidos disueltos a la entrada y salida de la PTAP.	38
Grafica 13.-Representación de los valores de C. totales a la entrada y salida de la PTAP.....	39
Grafica 14.-Representación de los valores de coliformes totales a la entrada y salida de la PTAP	39
Grafica 15.-Representación de los valores de Coliformes totales a la entrada y salida.....	40
Grafica 16.-Curva de calibración de Cd y Pb	41
Grafica 17.- Representación de los valores de ICA a la entrada y salida de la PTAP.....	43

Índice de figuras

Figura 1.- Modelo de escala de pH	6
Figura 2.- Ubicación de la planta de tratamiento	21
Figura 5.- Diagrama de diluciones	30
Figura 6.- Técnica de diluciones	31

Índice de tablas

Tabla 1.- Enfermedades transmitidas por consumo de aguas contaminadas	13
Tabla 3.- Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional.....	15
Tabla 4.-Características físicas, sustancias inorgánicas y radiactivas	16
Tabla 2.-Coordenadas de la planta de agua las Américas	20
Tabla 5.-Límite de Detección Instrumental de Referencia para el método de espectrofotometría de absorción atómica por flama.....	40
Tabla 6.-Cumplimiento de los límites máximos permisibles con la norma INEN 1108: 2014, quinta revisión y la normativa nacional vigente (TULSMA Libro VI, tabla 1).....	42

CAPITULO I

1.-INTRODUCCIÓN

1.1 Problemática

El agua es la esencia fundamental para el ser humano por ende no tiene que carecer de calidad, cantidad y accesibilidad, por supuesto es un eje de prioridad para todos los países. Sin embargo, el agua potable se ha convertido en un problema debido al difícil acceso en los países que se encuentran en desarrollo, presentando carencias de estructuras físicas para dotar agua de calidad a la población.

En Ecuador las Normas (NTE-INEN-1108, 2014) definen al agua potable como: “el agua cuyas características físicas, químicas microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano”. Debe ser, entonces, una de las principales prioridades de los entes administrativos el dotar a la población de agua potable de calidad de acuerdo a los requisitos de la normativa para de esta forma garantizar la salud y bienestar de la población.

Sin embargo la planta potabilizadora de agua del barrio las Américas se ha creado con el fin de dotar agua de calidad a los pobladores, siendo compuesta de tres componentes; sedimentador, filtro de flujo lento y tanque de almacenamiento en la actualidad, cuyos tratamientos están operando las 24 horas, enfrentándose a las condiciones irregulares que presenta dicho sector.

Pese a sus años de funcionamiento y la falta de estudios e información se desconoce las condiciones del agua que se está tratando y la misma que está dotando a la población respectivamente por ende con el objeto de aportar soluciones concretas a esta problemática se plantea la presente investigación titulada:

“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO – QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA DEL BARRIO LAS AMÉRICAS EN EL AÑO 2018”.

En ella se pretende evaluar la calidad de agua que se está suministrando a los pobladores del barrio, con el fin de proponer medidas correctivas que ayuden a mejorar o mantener

una calidad de agua como se establece dentro de los parámetros de la normativa ecuatoriana de agua para consumo humano.

1.2.-Planteamiento del problema de investigación y su justificación

La dotación de agua potable en el Barrio las Américas es un asunto que prioriza la junta de agua potable. La infraestructura con la que cuenta resulta insuficiente para cubrir con las necesidades de la población que se incrementa en progresión aritmética. Es pues, de acuerdo con ello, necesario el llevar a cabo políticas sanitarias, encaminadas a atender las amplias demandas y necesidades de los consumidores, garantizando la calidad de agua y la preservación de la salud. Por tal razón es necesario analizar la calidad del agua que es abastecida a los usuarios y de esta forma poder llegar a diagnosticar su factibilidad de consumo para la población y de acuerdo con los resultados reportados delinear medidas correctivas a corto plazo que contribuyan a ser aguas aptas para el consumo humano.

1.2.1.-Formulación del problema

¿Cómo influyen las características que posee la PTAP en la calidad del agua distribuida a la población del barrio las Américas?

1.3.-OBJETIVOS

1.3.1.-Objetivo general

Evaluar la composición física, química y microbiológica de la calidad y cantidad de la planta potabilizadora de la junta de agua potable del barrio las Américas.

1.3.2.-Objetivos específicos

- Determinar los caudales en diferentes puntos principales del sistema de abastecimiento de la planta potabilizadora del barrio las Américas.
- Caracterizar mediante análisis de laboratorio los siguientes parámetros: pH, Turbiedad, Conductividad eléctrica, Oxígeno Disuelto, Sólidos totales, Sólidos Disueltos, Coliformes Totales, Coliformes Fecales, Cadmio y Plomo.
- Diagnosticar las condiciones en las que se encuentra el agua de la planta potabilizadora de la junta de agua potable del barrio las Américas en base a la normativa INEN 1108:2014 y normativa nacional vigente (TULSMA Libro VI, tabla 1), sugerir medidas correctivas.

CAPÍTULO II

2.-FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.-Antecedentes

El agua proporciona muchos beneficios al hombre. Desde un enfoque antropocéntrico las aguas naturales son denominadas bienes y servicios eco sistémicos, los mismos que se pueden clasificar de acuerdo al tipo de utilidad que representa para la naturaleza y para la especie humana (Osorio Gómez, 2010). Las Naciones Unidas (2013), considera que el agua es un recurso básico e indispensable para la vida en todas sus manifestaciones valor.

Desde el punto de vista sanitario el agua debe cumplir con tres parámetros para calificar como apta para el consumo humano: calidad, cantidad y accesibilidad. La calidad es el factor que garantizará que el agua es un elemento seguro tal que al ser consumido no afectará la salud del consumidor, la cantidad es el parámetro que determina el volumen necesario para llegar abastecer y satisfacer por completo las necesidades de las personas, la accesibilidad es el parámetro que define las probabilidades de encontrar y recolectar agua apta para el consumo humano de una forma fácil (Manahan, 2007).

Según (Marín Galvín, 2003). Se denomina agua apta para consumo humano a la cual puede ser ingerida sin causar ningún daño en el organismo de una persona, esto es posible a que es sometida a procesos de desinfección que elimina toda impureza que pueda ocasionar alguna enfermedad. Se aplica al agua que cumple con los requisitos establecidos por una normativa de calidad, ya sea nacional o internacional.

Para que el agua sea calificada como apta para el consumo humano, debe reunir ciertas características físicas, químicas y microbiológicas, esta a su vez debe ser un líquido incoloro, translucido, sin partículas en suspensión, insabora, inodora e insípida, libre de microorganismos, de metales pesados, ni restos de pesticidas, debe ser libre de dureza y cumplir con requisitos establecidos en las normativas nacionales e internacionales. En lo que respecta a las cuantificaciones de la calidad del agua, estas se diversifican de acuerdo a sus características microbiológicas, químicas y físicas; debido a razones antropogénicas principalmente, en el cual sobresale la utilización de la tierra (Aguilar, 2002). De dichas condiciones se pueden mencionar la turbidez, el pH, oxígeno disuelto, nitrato, temperatura, fosfato, sólidos totales, requerimiento bioquímico de oxígeno, Coliformes fecales, para el caso del Ecuador.

El mayor riesgo microbiano son los derivados del consumo de agua contaminada con excrementos humanos o animales (incluido los de las aves). Los mismos que son fuente de patógenos, como bacterias, virus, protozoos y helmintos. Los patógenos fecales son los más preocupantes a la hora de implantar metas de protección de la salud a la inocuidad microbiana (OMS. 2006).

2.2.-Bases teóricas

2.2.1.-El agua

Según la Real Academia Española, el agua (del latín aqua) es el “elemento constituido por la combinación de un volumen de oxígeno y dos de hidrógeno, líquida, inodora, insípida, en pequeña cantidad incolora y verdosa o azulada en grandes masas. Es el componente más abundante en la superficie terrestre y más o menos puro, forma la lluvia, las fuentes, los ríos y los mares; es parte constituyente de todos los organismos vivos y aparece en compuestos naturales, y como agua de cristalización en muchos cristales” (Restrepo, et. al. 2007).

Es el elemento natural más abundante de la tierra, ocupando más de dos tercios de la superficie terrestre y fundamental para la vida, siendo una sustancia incolora, inodora, e insípida constituida por dos átomos de hidrogeno y uno de oxigeno (H_2O). Presentes en la naturaleza de forma líquida, sólida y gaseosa (Organización Panamericana de la salud, 1988).

2.3.-CARÁCTERÍSTICAS DEL AGUA

2.3.1.-CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Las características físicas del agua son parámetros que contribuyen a medir los aspectos externos dan a conocer el olor, el sabor, la apariencia y aceptabilidad del agua de una manera general.

Entre las principales características, se encuentran las siguientes:

2.3.2.-Color

Esta característica del agua se prolonga debido a sustancias coloreadas presentes en suspensión o disueltas en ellas como: restos orgánicos resultado de la descomposición de vegetales. Se clasifica como “color verdadero” al que depende solamente el agua y

sustancias disueltas y el “aparente” incluye las partículas en suspensión (que a su vez generan turbidez). Para determinar el color verdadero, es necesario filtrarla el agua para eliminar todas las partículas suspendidas y obtener el color verdadero (Osorio Gómez, 2010).

Prácticamente el color se mide en laboratorios ambientales, por el método cloroplatinato potásico, con diluciones de mezclas, de Cloroplatinato de potasio (K_2Cl_6Pt) y cloruro de cobalto ($CoCl_2$) mientras que la longitud de onda de máxima absorción es de 430-440 nm (Gomella, 1977).

2.3.3.-Turbiedad

La principal causa de la turbiedad en el agua son las partículas en suspensión al paso de la luz, debido a la arcilla, sedimentos, minerales, partículas orgánicas, los microorganismos y cuerpos similares que se encuentran suspendidos en el agua. Mediante la turbidez se podrá tener una noción de su posible eficiencia de su tratamiento (Marín Galvín, 2003).

Para realizar la medición de la turbiedad es necesario un turbidímetro o nefelómetro que viene dada en unidades nefelométrías de turbiedad (Organización Panamericana de la salud, 1988).

La Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108: 2014 determina como máximo permisible 5 NTU (Unidad Nefelometría de Turbiedad).

2.3.4.-Alcalinidad

La alcalinidad es la propiedad física que permite cuantificar los componentes básicos de las aguas. En las aguas naturales, su alcalinidad depende en su mayor parte del contenido de los carbonatos y bicarbonatos de calcio, sodio, magnesio y potasio. En algunos casos, la alcalinidad de las aguas naturales está directamente relacionada con la presencia (en pequeñas pero significativas proporciones) de fosfatos, boratos y silicatos. El elemento componente que más aporta a la alcalinidad de las aguas naturales es el bicarbonato. La alcalinidad cumple una función trascendente en los fenómenos de ablandamiento y coagulación y prevención de las acciones corrosivas (Osorio Gómez, 2010).

2.3.5.-Dureza

La dureza del agua es el parámetro que permite determinar la concentración de compuestos de carácter mineral existentes en un volumen determinado de esta, de modo

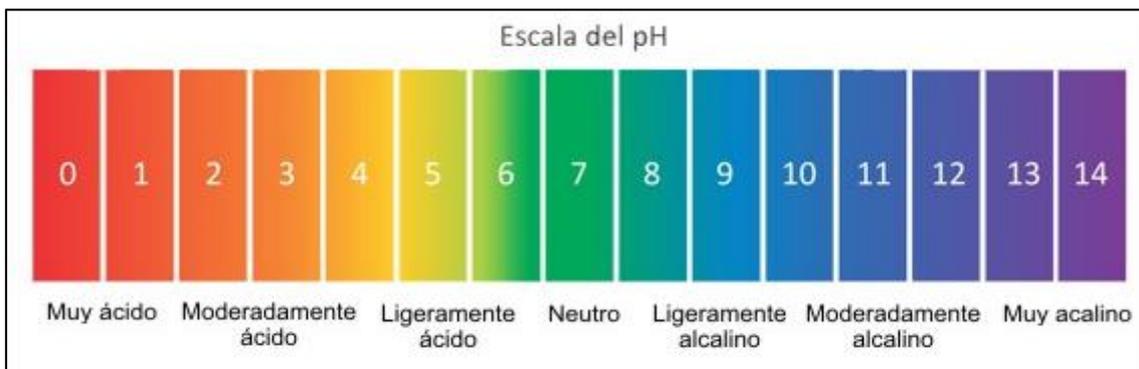
particular sales de calcio y magnesio. Un agua es considerada como “dura”, cuando en su composición presenta altas concentraciones de las referidas sales, y recíprocamente, es considerada “blanda” al presentar en su composición pocas concentraciones de las mismas. La dureza de las aguas se genera propiamente a partir de las formaciones geológicas que contienen en su composición las referidas sales y estas son atravesadas por las aguas previamente a su fase de captación. Las aguas que presentan mayores índices de dureza en su composición, son aquellas que atraviesan acuíferos carbonatados, más conocidos como “calizas”, debido a que la composición de dichos acuíferos está comprendida por depósitos de calcio y magnesio (Marín Galvín, 2003).

Las aguas subterráneas que provienen de acuíferos en los que en su composición predominan los silicatos pasan a ser aguas “blandas”, o sea, aguas con bajas concentraciones de sales de magnesio y calcio.

2.3.6.-pH del agua

El pH es el parámetro que determina el índice de acidez y alcalinidad de las aguas. El pH mide los índices de actividad del potencial de los iones de hidrógeno (H^{+1}). El pH se determina en base a una escala logarítmica, la misma que parte desde 0 y va hasta 14, el valor igual a siete es considerado como neutro. Cuando las soluciones presentan valores de pH inferiores a 7 son consideradas como “ácidas”, en cambio, si las soluciones presentan en su pH valores superiores a 7 que lleguen máximo hasta 14, son catalogadas como soluciones bases o alcalinas. Por ser la escala de pH de tipo logarítmica, cada cambio en su unidad equivale a un cambio de diez veces en su acidez (Marín Galvín, 2003).

Figura 1.- Modelo de escala de pH



Fuente: (Carbotecnia, 2015)

Así pues, un agua con pH igual a 6 es 10 veces más ácida que un agua de pH 7, un agua con pH igual a 8 es 10 veces más alcalina que pH 7. Un agua con pH 5 es 100 veces más ácida que el pH 7, un agua con pH 9 es 100 veces más alcalina que pH 7.

2.5.-CONSTITUYENTES DEL AGUA

2.5.1.-Iones mayoritarios. - Los iones mayoritarios son: cloruro (Cl^-), bicarbonato (HCO_3^-), sulfato (SO_4^{--}), magnesio (Mg^{++}), calcio (Ca^{++}), sodio (Na^+) y potasio (K^+). En ocasiones el nitrato puede ser un ion mayoritario, sin embargo, en muy raras ocasiones es de procedencia natural (Gomella, 1977).

2.5.2.-Iones minoritarios. – Son los elementos que constituyen menos del 1% del contenido iónico total. Entre los iones más importantes se encuentran los siguientes: fosfato (PO_4^{---}), amonio (NH_4^+), manganeso (Mn^{+7}), yoduro, aluminio, litio, bromuro, sulfuro, estroncio (Gomella, 1977).

2.5.3.-Elementos traza. - Son aquellos elementos que se encuentran en cantidades inferiores y que para poder ser determinados requieren el empleo de técnicas de alta resolución. La mayoría de elementos traza constituyen metales pesados. Estos elementos muchas veces son el resultado de procesos contaminantes debido a la acción de plaguicidas, hidrocarburos, fenoles, entre los más importantes (Osorio Gómez, 2010).

2.5.4.-Gases disueltos. – Entre los más importantes se encuentran el anhídrido carbónico y el oxígeno.

2.5.6.-Parámetros físicos. - Entre los más relevantes se encuentran: la temperatura, la densidad y la conductividad.

2.5.7.-Características físico químicas. – Alcalinidad, PH, acidez, dureza, DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno), presencia de materia orgánica, turbiedad (Manahan, 2007).

2.6.-CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

El CO_2 en estado libre en el agua, así como los diversos compuestos formados por este constituyente en el medio acuoso desempeñan un rol de gran importancia en el comportamiento químico de las aguas.

La solubilidad del anhídrido carbónico en el agua está en función de su presión parcial. Mientras una parte experimenta el fenómeno de disolución en estado gaseoso, otra

reacciona con el agua. Como resultado de esta reacción se obtiene el ácido carbónico (H_2CO_3) el cual luego experimentará una disociación en forma parcial en la cual se obtienen iones carbonato (CO_3^{--}) y bicarbonato (HCO_3^-) (Marín Galvín, 2003).

El anhídrido carbónico (CO_2), los carbonatos (CO_3^{--}) y los bicarbonatos (HCO_3^-) no son oxidables ni reducibles en las aguas naturales.

Existe una relación estrecha entre los iones anteriores y el PH de las aguas.

Dichos iones son formados también por la hidrólisis de silicatos, los mismos que son incorporados al agua con velocidades moderadas.

Los carbonatos y bicarbonatos son producidos generalmente por la disolución de calizas y dolomías la misma que es alentada por el aporte tanto de CO_2 como de ácidos orgánicos e inorgánicos.

El CO_2 en estado de disolución acuosa procede de la zona edáfica, la misma que se forma debido a la respiración de organismos y materia orgánica descompuesta. El CO_2 en dicho estado desarrolla presiones parciales en un rango comprendido entre 10^{-1} hasta 10^{-3} bares (Aguilar, 2002).

- La especie carbonatada dominante en el medio acuoso está influenciada por su pH.
- Los bicarbonatos en las aguas dulces alcanzan proporciones que oscilan de 50 a 350 ppm (partes por millón), en ocasiones esta puede llegar incluso hasta las 800 ppm.
- El equilibrio químico entre el HCO_3^- , CO_3^{--} , CO_2 y el pH del agua es un factor determinante en la incrustabilidad (tendencia a formar precipitados de caliza) y en la corrosividad (tendencia a la disolución de caliza) de las aguas (Restrepo, et. al. 2007).

2.7.-AGUA DE CONSUMO HUMANO

El agua es un producto de uso multi propósito que puede abarcar muchos aspectos: el abastecimiento público, riego de cultivos, uso doméstico industrial y comercial, ornamentación de espacios de concurrencia pública, generación de energía eléctrica, preparación de alimentos, aseo y cuidado personal, actividades recreativas y deportivas, terapias medicinales, son algunas de las aplicaciones más importantes. De acuerdo a lo

anterior, cada uso demandará determinadas condiciones de calidad, siendo de esta forma necesaria acondicionar el agua para que esta satisfaga por completo las necesidades a las que se la destina.

2.8.-CALIDAD DEL AGUA

Un agua es considerada de buena calidad y en consecuencia aceptada cuando cumple con los siguientes aspectos:

- Es un líquido de consistencia clara y de gusto agradable.
- Su temperatura es asimilada por el organismo humano.
- Es un producto no corrosivo ni incrustante.
- Su composición es libre de micro organismos patógenos, minerales tóxicos que pueden producir graves enfermedades infecciosas.

2.8.1.-Calidad del agua según su pH

Las aguas con valores de pH menores a 7,0 son consideradas ácidas y las aguas con valores de sus pH mayores a 7,0 son de carácter básico o alcalino. La alcalinidad es un indicador de la capacidad del agua para resistir un cambio en su pH que tendería a volverla de mayor acidez. De acuerdo a lo anterior, es necesario determinar la alcalinidad y el pH de las aguas para de esta forma determinar el grado de corrosividad de las mismas.

Si el valor del pH es inferior a 6,5, el agua será ácida y corrosiva, al presentar estas características, tendrá poder de disolución de iones metálicos como el hierro, zinc, cobre, plomo y manganeso. De acuerdo con lo anterior, entonces, se induce que las aguas de carácter corrosivo causarán severos daños a los metales, y por ende a las instalaciones hidro sanitarias, tendrá un sabor ácido y desagradable, producirá manchas en la ropa, por lo tanto, será un agua no apta para el consumo humano.

En aguas con pH que supere el valor de 8,5, serán consideradas de tipo alcalinas. Estas aguas podría presentar problemas de incrustación por dureza, no obstante, no engloban un riesgo para la salud del consumidor, sin embargo, pueden causar ciertos problemas, sobre todo en el aspecto estético, entre los principales se pueden mencionar los siguientes:

- Formación de incrustaciones blanquecinas en la vajilla, utensilios de cocina, cubiertos y vasos.

- Los jabones y detergentes sometidos a estas aguas, serán difícilmente disueltos y no harán mucha espuma, además que formarán precipitados en la ropa.
- Al ser ingeridas, causarán apareamiento de coloración en la capa de esmalte de las piezas dentarias, siendo en muchos casos de carácter irreversible.
- Produce deterioro de los calefones y calentadores de agua.

2.9.-AGUAS APTAS PARA EL CONSUMO HUMANO

A continuación, se enuncian las principales aguas asimilables por el organismo humano:

2.9.1.-Agua potable

Este tipo de aguas deberán estar libres en su contenido de sustancias o cuerpos extraños de origen biológico, inorgánico, orgánico y radioactivo en proporciones en los que la volverán un producto que incida peligrosamente en la salud humana. Este tipo de aguas deberán estar libres de olor, color y sabores raros o desagradables, su apariencia deberá ser transparente.

2.9.2.-Agua mineral

Son aguas cuya fuente de procedencia constituyen los yacimientos o estratos acuíferos no influenciados por las aguas superficiales, siendo estas fuentes sujetas a acciones de explotación por medio de una o varias captaciones ya sea naturales o perforadas.

2.9.3.-Aguas envasadas o embotelladas

Son aguas de origen subterráneo o pueden ser envasadas en plantas industriales de acuerdo a normativas sanitarias y estándares de calidad. Estas aguas son comercializadas en envases debidamente etiquetados.

2.9.4.-Agua de mineralización artificial

Es todo producto elaborado en base de agua potable adicionada de compuestos minerales autorizados para su respectivo uso, estos minerales bien pueden como no ser gasificados. Posteriormente son envasados en recipientes aptos bromatológicamente, de cierre hermético e inviolable.

2.10.-CONTAMINANTES DEL AGUA

2.10.1.-Contaminantes físicos

2.10.1.1.-Temperatura

La temperatura resulta un factor contaminante debido a la refrigeración industrial descontrolada o la acción igualmente fuera de control de las turbinas de embalse. Entre los efectos más nocivos se encuentran: desaparición de especies estenotermas, reducción de la concentración de oxígeno disuelto en las aguas, alteración en las fases de los ciclos vitales de las especies marinas.

2.10.1.2.-Sólidos en suspensión

Los sólidos contaminantes son de carácter orgánico e inorgánico, entre los principales factores para su surgimiento se encuentran la erosión del suelo, la presencia de aguas residuales, infiltraciones descontroladas. Entre los principales efectos se encuentran los siguientes: alteración de las propiedades organolépticas de las aguas, alteración de la fotosíntesis debido a turbidez de las aguas, alteración de las cadenas tróficas, alteración en las funciones vitales de los organismos acuáticos.

2.10.1.3.-Partículas radioactivas

La aparición de estos contaminantes se debe sobre todo a efectos causados por las fugas producidas en los circuitos de refrigeración de las centrales nucleares. Entre los efectos más peligrosos se encuentran los siguientes: cáncer pulmonar debido a la inhalación de radón, acumulación voluminosa de lodos.

2.10.2.-Contaminantes químicos

2.10.2.1.-De orden orgánico

Entre los más perjudiciales se encuentran los fenoles de procedencia de residuos industriales, los pesticidas procedentes de actividades de carácter agrícola, la formación lípidos, glúcidos y proteínas debido al surgimiento de aguas residuales. Entre los efectos más perjudiciales se encuentran la aparición de malos olores, alteraciones en la transparencia de las aguas, alteraciones en las cadenas tróficas.

2.10.2.2.-De orden inorgánico

Entre los más perjudiciales se encuentran los siguientes:

- Metales pesados, producidos a consecuencia de residuos consecuentes de actividades industriales. Estos pueden producir envenenamiento, bioacumulación y saturnismo.
- Compuestos sulfurosos, los mismos que son derivados de aguas industriales, domésticas y residuales, ocasionan efecto purgante.
- Sales, estos compuestos provienen de las aguas residuales y por acciones de intrusión marina. Entre los principales efectos se encuentran el aumento en la dureza de las aguas y la salinización.
- Alcalinidad, debido a la presencia de aguas residuales de procedencia doméstica. Su principal consecuencia es la alteración en el PH de las aguas, la misma que es principal responsable de la muerte de varias especies marinas.

2.10.2.3.-Gases

Son contaminantes que se originan en la descomposición de las aguas residuales o también en las infiltraciones, entre los más perjudiciales están el ácido sulfhídrico y el metano. La presencia de estos contaminantes vuelve desagradable el sabor y el olor de las aguas.

2.10.3.-Contaminantes biológicos

2.10.3.1.-Materia orgánica

Es la que forma parte de los procesos de descomposición, debido a ello, se reducen peligrosamente las concentraciones de oxígeno disuelto y en consecuencia mueren muchas especies aerobias.

2.10.3.2.-Microorganismos

Entre los más comunes están los virus, las bacterias, coliformes, algas y protistas. Estos micro organismos son agentes transmisores de enfermedades al multiplicarse estos en progresión geométrica superando valores límite. Algunas de estas especies tienen una intervención natural en el proceso de autodepuración del agua.

Entre las principales y más peligrosas enfermedades producidas por la ingesta de aguas contaminadas se tienen las mencionadas en la tabla que se enuncia a continuación:

Tabla 1.- Enfermedades transmitidas por consumo de aguas contaminadas

AGENTE	ENFERMEDAD	EFFECTOS
VIRUS	<i>Poliomielitis</i>	<i>Debilidad, fiebre, temblores, debilidad, dolor de cabeza y músculos, parálisis en las extremidades, cuello rígido</i>
	<i>Hepatitis A</i>	<i>Trastornos hepáticos, náuseas, dolores abdominales y de cabeza, falta de apetito, fiebre, ictericia</i>
BACTERIAS	<i>Cólera</i>	<i>Deshidratación, diarrea mortal</i>
	<i>Enteritis</i>	<i>Dolor estomacal, náuseas, vómitos</i>
	<i>Fiebre tifoidea</i>	<i>Fiebre y diarrea mortales, inflamación en el bazo e intestinos</i>
	<i>Disentería</i>	<i>Diarrea (mortal en los niños)</i>
GUSANOS	<i>Esquistosomiasis</i>	<i>Erupciones cutáneas, dolores abdominales, fatiga, mala salud crónica general</i>
PROTOZOOS	<i>Giardia</i>	<i>Flatulencias, calambres abdominales, diarrea, fatiga crónica</i>
	<i>Disentería amebiana</i>	<i>Fiebre, escalofríos, dolor de cabeza, diarreas mortales (perforación intestinal)</i>

Fuente: (Organización Panamericana de la salud, 1988)

2.11.-PROCESOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS

Se define como “tratamiento” a todo conjunto de actividades o procesos, llevados a cabo en una forma secuencial y sistemática. En todos y en cada uno de los procesos se realizan diferentes actividades, para de esta forma obtener agua potable de calidad que garantice el bienestar y salud del público consumidor.

2.11.1.-Pretratamiento

Este proceso está comprendido por los siguientes pasos:

2.11.2.-Desbaste. - Este proceso consiste en eliminar los cuerpos solidos de gran tamaño arrastradas en el agua por medio de rejillas, que afecte la eficacia de los tratamientos a realizarse.

2.11.3.-Disipador de energía. - Es una estructura diseñada para disminuir las pérdidas hidráulicas con el fin de reducir la velocidad del agua y pasar el flujo de régimen supercrítico a subcritico.

2.11.4.-Desarenador. - Este paso consiste en la eliminación de residuos que pueden ser elementos sólidos o partículas en suspensión. Este material se elimina pasando por el desarenador en donde se acumulan las arenas. Capaz de retirar partículas hasta de 0.2mm.

2.11.5.-Sedimentación. - Este paso consiste en la separación de las partículas sólidas en suspensión con peso específico mayor al del agua y debido a ello se imposibilita su retención en las unidades de tratamiento, aparte de lo anterior, también su finura y densidad influyen en la imposibilidad de retención. La separación de las partículas se efectúa por acción de la gravedad.

2.11.6.-Filtración. - Este proceso consiste en hacer pasar el agua a través de lechos, los mismos que están conformados por material granular (la arena, por ejemplo). Este material cumple la función de retener y desplazar el material contaminante.

2.11.7.-Almacenamiento. - Es una estructura con el fin de almacenar el agua, garantizando la capacidad de abastecimiento para suministrar a la población.

3. Marco legal

3.1.- Criterios de calidad para aguas de consumo humano y uso doméstico

Tabla 2.- Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional.

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible
Cadmio	Cd	mg/l	0,01
Coliformes Totales	nmp/100 ml		3 000
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		600
Oxígeno disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6mg/l
Plomo (total)	Pb	mg/l	0,05
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Sólidos disueltos totales		mg/l	1 000
Turbiedad		UTN	100

Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2015)

3.2.-Norma técnica ecuatoriana INEN NTE 1108 2014. Quinta revisión. Agua potable.

Tabla 3.-Características físicas, sustancias inorgánicas y radiactivas

<i>PARAMETRO</i>	<i>UNIDAD</i>	Límite máximo permitido
Características físicas		
Turbiedad	<i>NTU</i>	5
<i>Inorgánicos</i>		
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Plomo, Pb	mg/l	0,01

Fuente: (NTE-INEN-1108, 2014)

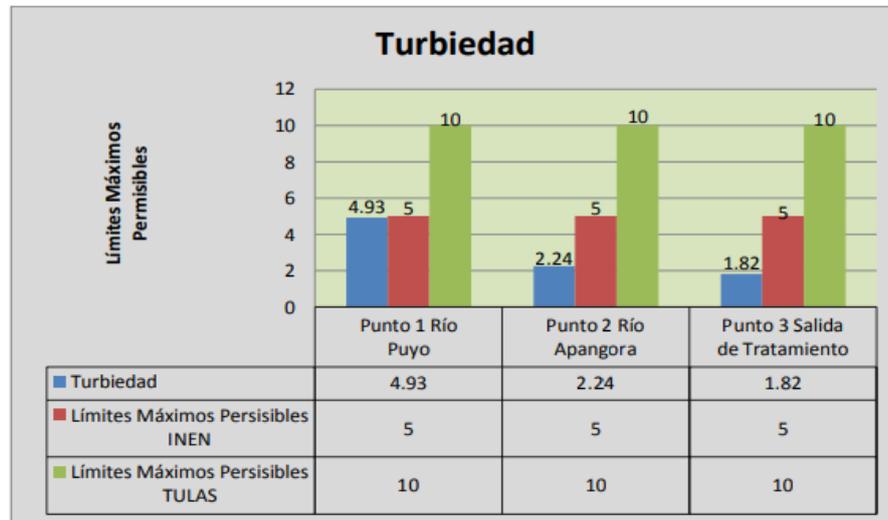
Requisitos Microbiológicos

	Máximo
Coliformes fecales (1):	
Tubos múltiples NMP/100 ml ó	< 1,1 *
Filtración por membrana ufc/ 100 ml	< 1 **
<i>Cryptosporidium</i> , número de ooquistes/ litro	Ausencia
<i>Giardia</i> , número de quistes/ litro	Ausencia

Fuente: (NTE-INEN-1108, 2014)

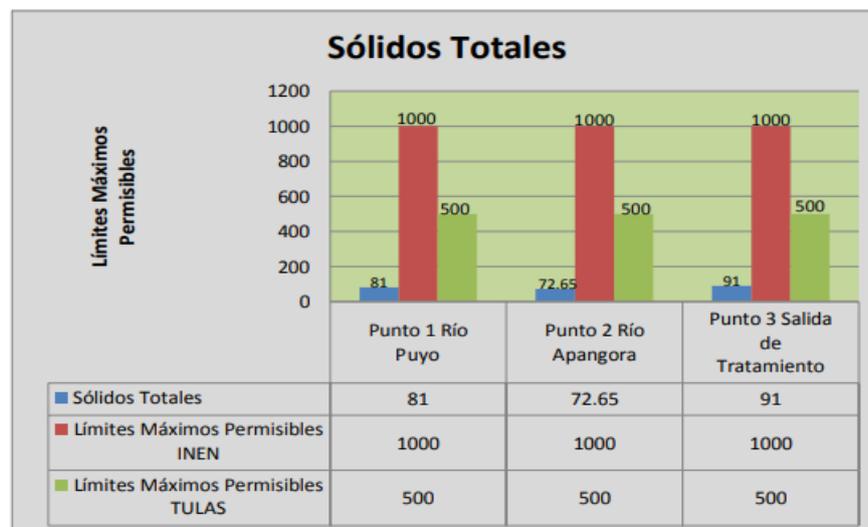
3.3.- Valores reportados en el estudio previo del año 2012 en la planta de tratamiento del barrio las Américas.

Grafica 1.-Gráfico comparativo de la turbiedad con respecto a la norma INEN y TULAS (2012).



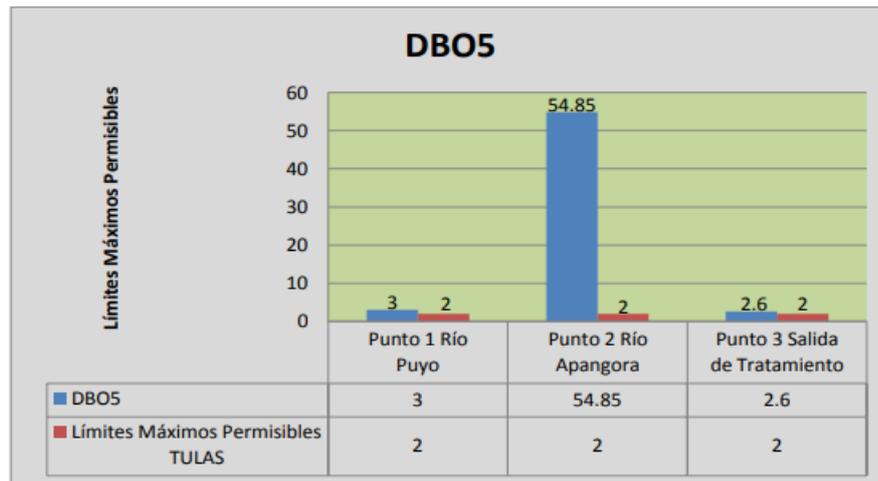
Elaborado por: (Alban, 2012)

Grafica 2.-Gráfico comparativo de los Sólidos Totales con respecto a la norma INEN y TULAS (2012).



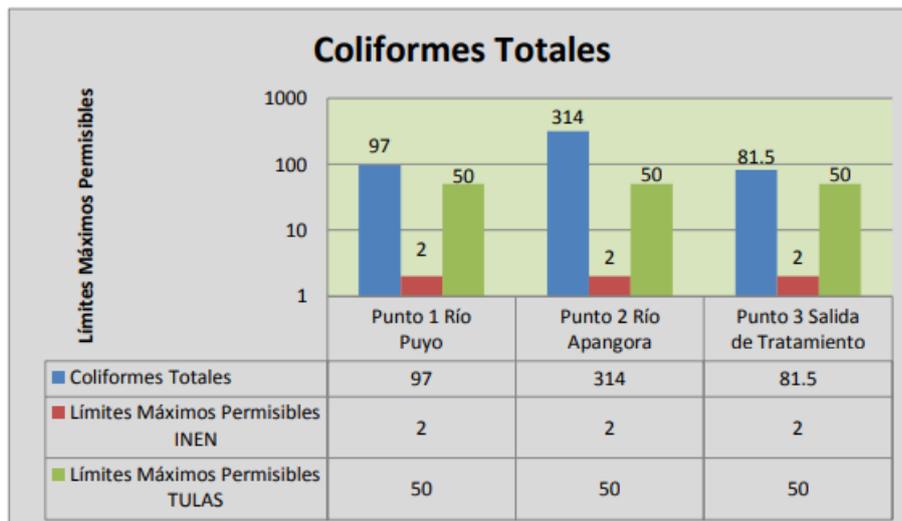
Elaborado por: (Alban, 2012)

Grafica 3.-Gráfico comparativo de la Demanda Bioquímica de Oxígeno con respecto a la Texto Unificado de Legislación Ambiental (2012).



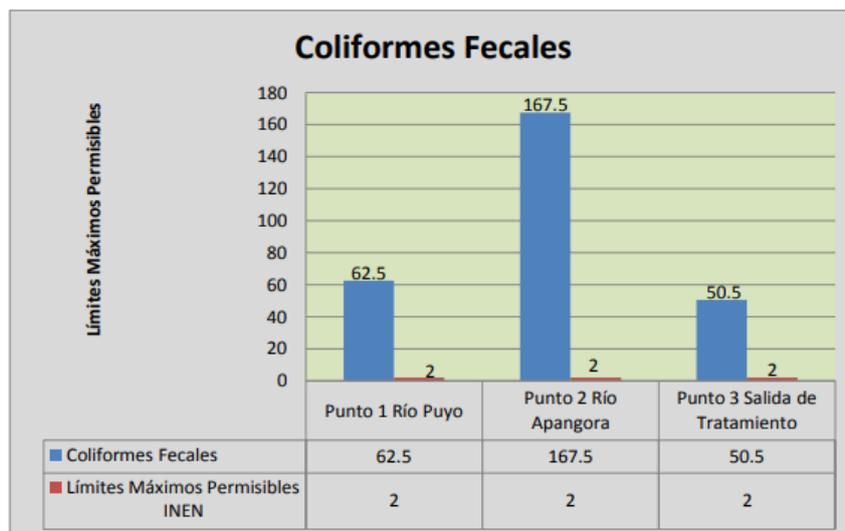
Elaborado por: (Alban, 2012)

Grafica 4.-Gráfico comparativo de los Coliformes Totales con respecto a la norma INEN y TULAS (2012).



Elaborado por: (Alban, 2012)

Grafica 5.-Gráfico comparativo de los Coliformes Fecales con respecto a la norma INEN (2012).



Elaborado por: (Alban, 2012)

CAPÍTULO III.

3.-METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.-Localización

El proyecto de investigación se realizó en el cantón y provincia de Pastaza, en la planta de agua potable del barrio las Américas, perteneciente a la parroquia Puyo, la cual se encuentra a 3 km de la vía Puyo- Tena por un camino lastrado de segundo orden, en dirección al caserío San Rafael ,según el Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Pastaza (GADP-Pz, 2014),el clima correspondiente a la zona de estudio es templado tropical, con una temperatura promedio de 20°C y precipitaciones promedio de 4500 mm al año, Las captaciones son tomadas de la cuenca hídrica del rio Apangora a 1153 msnm, el tipo de suelo del área es inceptisol, que pertenece a la formación geológica de Mera constituida por conglomerados, areniscas, lutitas y pizarra ,la flora y fauna del sector se ha visto disminuida por la ganadería, el cultivo de papa china y la caña de azúcar.

Limita;

Al norte con la parroquia Fátima.

Al sur la urbanización la Palestina, barrió obrero y la Universidad Estatal Amazónica.

Al este los caseríos Santa Martha y San Rafael.

Al oeste con el rio Puyo.

Tabla 4.-Coordenadas de la planta de agua las Américas

zona 17	punto 1	punto 2	punto 3	punto 4
X	832369	832321	832322	832369
Y	9840148	9840145	9840196	9840194
m.s.n.m	1076	1076	1074	1075

Fuente: Elaborada por los autores.

Figura 2.- Ubicación de la planta de tratamiento

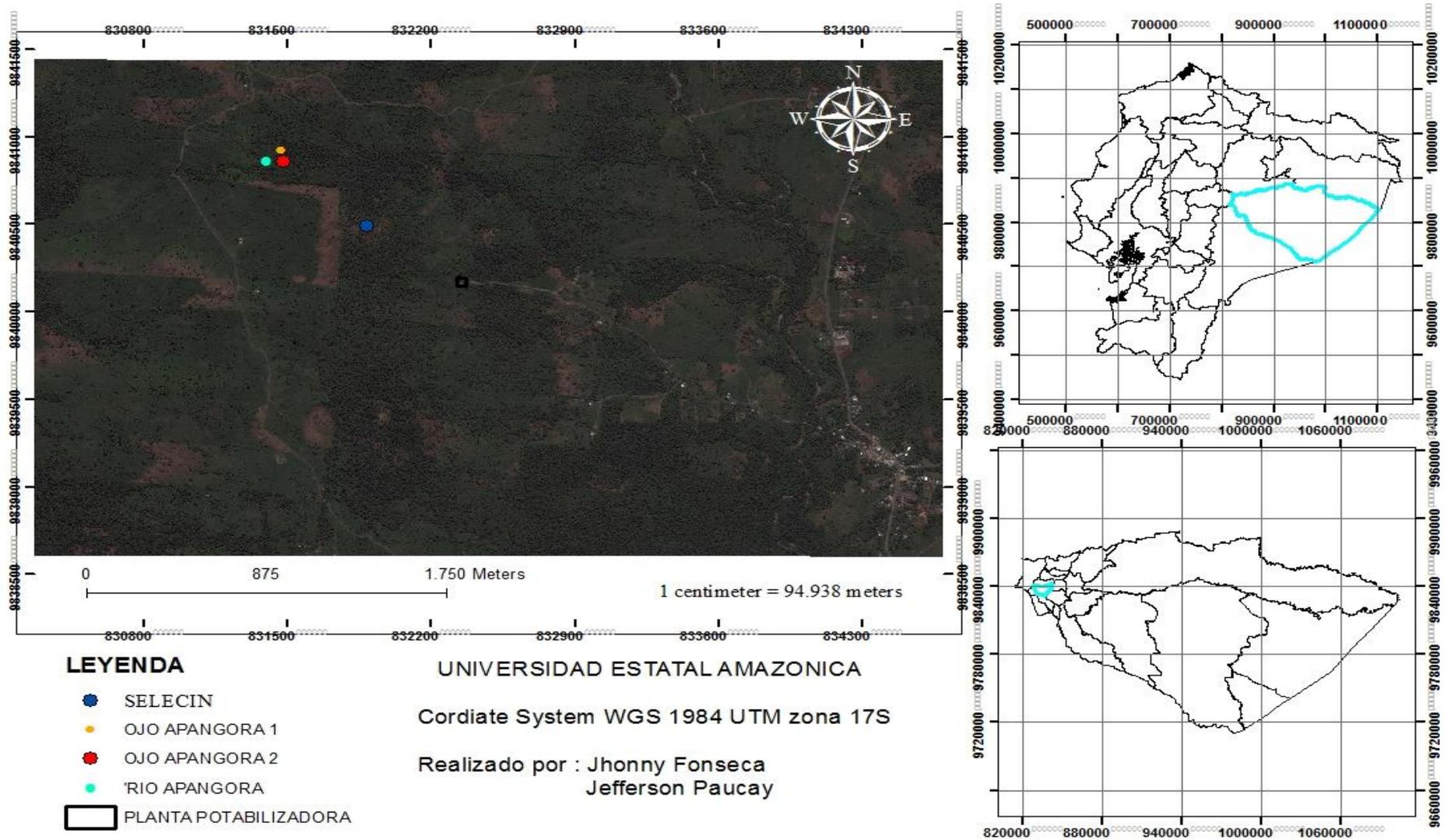
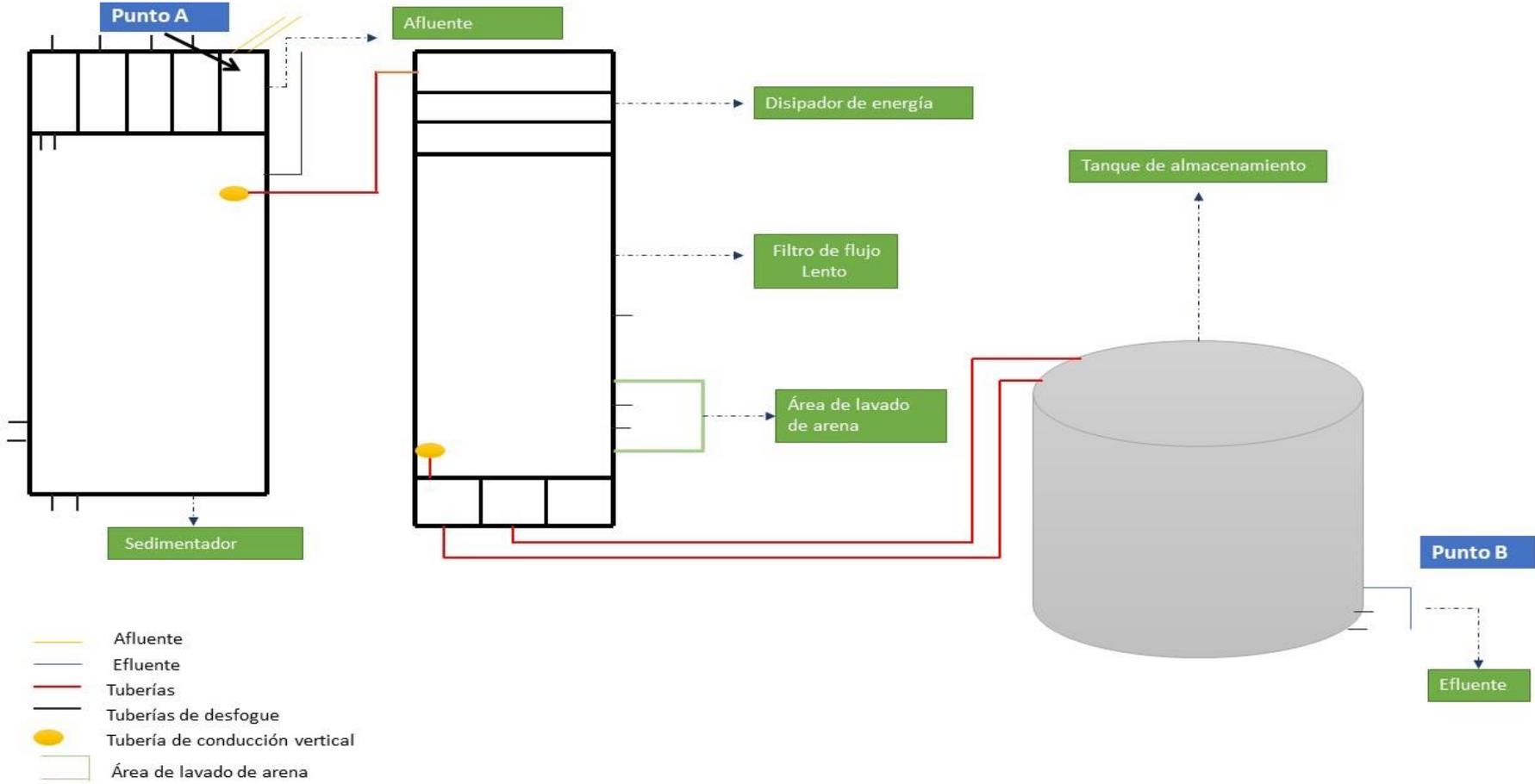


Figura 3.- COMPONENTES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL BARRIO LAS AMÉRICAS



Fuente: Elaborada por los autores.

3.2.-Tipo de Investigación

El presente proyecto se desarrollará con un tipo de investigación descriptiva, puesto que se persigue la descripción de las variables técnicas y operativas de la planta potabilizadora así también la caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua tanto de sus fuentes hídricas como la dotada por el sistema de distribución. De la misma manera se efectuará una investigación aplicada pues se busca obtener resultados concretos con los que se generaran alternativas de mejora en la calidad del agua potable dotada a la población. También se aplicara una investigación cuantitativa debido a que se maneja y tabularan valores de los parámetros analizados.

La investigación es de tipo básica puesto que se fundamenta en la recolección de datos y análisis de los mismos utilizando técnicas de determinación de concentración de contaminación en el agua. El periodo de duración de la investigación es de tipo transversal puesto que la misma no trascenderá en el tiempo. El estudio se desarrollará en campo y laboratorio debido a que la caracterización de la entrada y salida de la planta potabilizadora tanto en los parámetros físicos, químicos y microbiológicos tendrán que ser realizados en el laboratorio.

3.3.-Método de investigación

Se emplearán métodos cuantitativos y analíticos teniendo en cuenta que se prevé analizar un conjunto de parámetros físico-químicos y microbiológicos los cuales se representan en valores numéricos, El método analítico en el estudio abarca las partes evaluadas para comprender el funcionamiento de cada uno de los componentes de la planta potabilizadora , por otra parte, tendrá un diseño de investigación de campo transversal ya que se realizará un muestreo y se obtendrán datos para establecer condiciones de diagnóstico y medidas correctivas.

3.4.-Desarrollo de los métodos de investigación

La Evaluación de la calidad física, química y microbiológica de la planta potabilizadora de agua potable del barrio las Américas en el año 2018 se la realizó en 3 diferentes fases descritas a continuación. La primera fase está constituida por el muestreo y caracterización del agua, realizadas a la entrada (afluente) y salida (efluente) de la planta, donde se tomó muestras para análisis posterior de los siguientes parámetros: Caudal, PH, Turbidez, conductividad, Oxígeno disuelto, Sólidos suspendidos totales, Sólidos sedimentables,

Sólidos disueltos, coliformes totales, coliformes fecales, Cadmio y Plomo. La segunda fase consiste en el análisis y comparación de los datos obtenidos con la norma INEN 1108 quinta edición y la legislación ambiental vigente, referente a los límites máximos permisibles para agua de consumo humano que requiere tratamiento convencional. La tercera fase consiste en la revisión bibliográfica del resultado de los análisis y comparación de datos, las mismas que contribuirán a mejorar la calidad de agua distribuida a la población.

3.4.1.-Medición de Caudales

El caudal fue determinado por el método volumétrico, el mismo se lo realizó en un lapso de 7 días en las 2 tuberías en la entrada y las tuberías a la salida de la planta potabilizadora para mayor precisión de los datos, se utilizó un recipiente aforado de 20 litros (balde) y un cronometro. Para la determinación del caudal se utilizó la ecuación descrita a continuación:

$$Q = V / t \qquad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

Q: Caudal m³/min

V: Volumen m³

T: tiempo (min)

3.4.2.-Muestreo en la planta potabilizadora del barrio las

Américas

Se realizó el muestreo en 2 puntos, tanto a la entrada (Afluente) como a la salida (Efluente) de la planta potabilizadora. Al primer punto de muestreo se lo denominó como punto A que corresponde a la entrada y el segundo punto de salida se lo denominó punto B. En el gráfico 1 se muestra cada uno de los puntos de muestreo y los componentes de la planta potabilizadora del barrio las Américas. Las muestras se recolectan en frascos cuyo volumen será en función de los parámetros a analizar y que habitualmente es de 250 mL para turbiedad y pH de 500 a 1000 mL para los análisis “mínimos”. (Sierra, Bertel, & Barrios, 2013).

Las muestras para la realización del análisis de los parámetros físicos y químicos fueron recolectadas en un lapso de tiempo de 3 días, en diferentes horarios 7 am, 12 pm y 17 pm, con un total de 6 muestras simples por día de 1000 ml y finalmente se llena y se tapa. En lo que respecta a los análisis microbiológicos se realizó un muestreo de 5 días para coliformes fecales y totales en diferentes horarios 7 am, 12 pm y 17 pm, con un total de 6 muestras simples por día de 500 ml para realizarlo por el método de siembra profunda y de la misma

manera se realizó un muestreo de 2 días en los mismos horarios antes mencionados para realizarlo por el método de tubos múltiples respectivamente.

3.4.3.-Etiquetado de las muestras

La información que contienen las etiquetas de las muestras simples y con la cual serán identificadas al momento de la realización del análisis de laboratorio será:

INFORMACIÓN	
Código	
Tipo	
Hora	
Lugar	

3.4.4.-Transporte de las muestras

Las muestras de 1000 ml | fueron recolectadas y transportadas desde la planta potabilizadora hacia los laboratorios de la Universidad Estatal Amazónica en un contenedor a 4°C para la realización de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

3.4.5.-Limpieza de los recipientes

Para la realización del análisis físico-químico, los frascos de vidrio se deben someter a una limpieza con detergente y enjuagar con agua destilada. Los recipientes utilizados para la recolección de muestras para coliformes fecales y totales fueron envases de vidrio de 500 ml respectivamente, los cuales fueron sometidos a una limpieza y enjuagados con agua destilada para ser esterilizados en autoclave a 1.5 atm de presión y 121°C de temperatura. La veracidad de los resultados del análisis de aguas, depende en gran parte de los cuidados en el momento de la toma de la muestra y de la forma de conservación para cada uno de los parámetros que se quieran determinar. (Carvajal, Gomez, & Gallegos, 2010)

3.5.-Desarrollo de la metodología para los parámetros físico-químicos

Los parámetros que se realizaron en el multi paramétrico fueron pH, turbidez, conductividad, oxígeno disuelto y temperatura, siguiendo las técnicas descritas a continuación:

3.5.1.-pH. – Potencial de Hidrógeno – Standard methods 4500

H+B

Para la medición del pH se utilizó un pH-metro digital Hach en un lapso de tiempo de 15 a 30 minutos de haber sido recolectada y transportada la muestra hacia los laboratorios de la universidad estatal amazónica.

Fundamento: EL pH es un parámetro que mide la concentración de iones de Hidrógeno que se encuentran presentes en la composición del agua, consta de un electrodo de vidrio que se encarga de generar una corriente eléctrica proporcional a la concentración de la solución que se miden en un galvanómetro, utilizando un electrodo de Hidrógeno estándar y un electrodo de referencia utilizando patrones trazables. (Sierra, Bertel, & Barrios, 2013).

Análisis de la muestra: Se debe preparar el electrodo enjuagándolo con agua destilada y la muestra revolviéndola para asegurar que sea homogénea. Sumergir en el agua aproximadamente por 1 minutos hasta que el pH-metro digital se estabilice y pueda leer el pH.

3.5.2.-Turbidez- standard methods 2130 b método

nefelométrico.

La medición de turbidez se la realizó en cada una de las muestras recolectadas en un lapso de tiempo de 15 a 30 minutos de haber sido recolectada y transportada hacia los laboratorios de la universidad estatal amazónica.

Principio del método: Se fundamenta en la comparación de la intensidad de la luz desviada por la muestra, con la intensidad de la luz desviada por una suspensión estándar como referencia, bajo las mismas condiciones. En donde se establece una relación, que a mayor intensidad de la luz mayor será la turbidez. El cual ofrece la lectura directa de turbiedad en unidades nefelométrías de turbiedad (UNT). (Sierra, Bertel, & Barrios, 2013).

Análisis de la muestra: En un vaso de precipitación de 100 ml colocar 50 ml de agua de la muestra, enjuagar el frasco dos veces con agua destilada, llenar el frasco con agua de la muestra y homogenizarla para introducirla en la celda del equipo Turbidímetro 2100Q portátil (EPA), se presiona READ y se anota los resultados.

3.5.3.-Conductividad eléctrica- *Hach 8160*

La medición de la conductividad se la realizó en cada una de las muestras en un lapso de tiempo de 15 a 30 minutos de haber sido recolectada y transportada hacia los laboratorios de la Universidad Estatal Amazónica.

Principio del método: Basada en la propiedad que posee una solución en conducir el flujo de la corriente eléctrica y la cual se ve influenciada por la presencia de iones, su concentración y la temperatura de la muestra. Para medir la conductividad se utiliza dos electrodos espacialmente fijos y químicamente inertes, para evitar la polarización en las superficies del electrodo, la conductividad se realiza con una señal de corriente alterna, y la conductancia de una solución, la cual es directamente proporcional al área de superficie del electrodo, e inversamente proporcional a la distancia entre los electrodos. (Standard Methods, 1012). La unidad básica que se utiliza para representar la conductividad es el siemens /cm, para soluciones acuosas mili siemens /cm y micro siemens /cm. (Hach, 2015a). (Sierra, Bertel, & Barrios, 2013).

Análisis de la muestra: Se enjuaga la sonda con agua des ionizada, se seca con un paño y se coloca la sonda en un recipiente limpio que contenga la muestra. Se agita suavemente la muestra con la sonda y se la deja reposar hasta que se pueda medir. (Hach, 2015a)

3.5.4.-Oxígeno Disuelto - *Hach 10360*

La medición del Oxígeno disuelto se la realizó en cada una de las muestras recolectadas en un lapso de tiempo de 15 a 30 minutos de haber sido recolectada y transportada hacia los laboratorios de la Universidad Estatal Amazónica.

Principio del método: El para llevar a cabo una medición, el LED de excitación transmite luz azul, la luz azul permite realizar medidas con gran precisión, mientras que el pulso luminoso (50 mseg.) incide, en el material portador transparente, en el luminóforo, que transfiere parte de su energía radiante, esto incide que los electrones del luminóforo salten de su nivel energético básico a un nivel superior, en un intervalo de microsegundos esos electrones regresan a su nivel original pasando por varios niveles intermedios, y la diferencia de energía se emite en luz roja, las moléculas de oxígeno son capaces de absorber la energía de los electrones del nivel superior y facilitar su regreso al nivel energético básico sin emitir luz. Cuanto mayor sea la concentración de oxígeno, mayor será la reducción de la intensidad de la luz roja emitida (Häck, s. f.).

Análisis de la muestra:

Se enjuaga la sonda con agua des ionizada y se procede a secarla con un paño limpio. Se coloca la sonda en un recipiente que contenga la muestra a analizar y se agita suavemente para homogenizarla, una vez estabilizada la sonda se procede a medir los resultados. (Hach., 2015b).

3.6.-Determinación de sólidos

3.6.1.-Sólidos suspendidos totales -Standard Methods 2540 – B

La determinación de sólidos totales permite visualizar el contenido de materia disuelta, suspendida y sedimentable presentes en el agua, esto varía de acuerdo a la temperatura y la duración expuesta a la desecación. Se basa en la medición cuantitativa del incremento de peso a la que están expuestas las cápsulas tras la evaporación de la muestra y secado a una temperatura superior a los 100 grados. Este procedimiento se lo realizó de acuerdo a lo establecido en la metodología del Stándard Methods for analysis of water and wastewáter.

Materiales y equipos: Cápsulas de porcelana, ácido nítrico, desecador, mufla, estufa, balanza electrónica, pinzas metálicas, probetas, vasos de precipitación, muestras de agua, placa calefactora, agitador magnético.

Procedimiento: Se prepara una solución de limpieza compuesta de 1000 mL de agua destilada y 50 mL de ácido nítrico, previo a su limpieza enjuagar con agua destilada y se las introduce en la estufa por 30 minutos, posterior a esto se las introduce en la mufla a una temperatura de 600 grados centígrados por un tiempo de 2 horas, posteriormente se las introduce en el desecador hasta que lleguen a una temperatura ambiente y puedan ser pesadas en la balanza electrónica. (Zambrano & Garcia, 2013). Standard Methods for analysis of water and wastewater. (Carvajal, Gomez, & Gallegos, 2010).

Se procedió a realizar el procedimiento por cada muestra de 1000 ml.

- Homogenizar la muestra antes de utilizarla.
- Una vez homogenizada la muestra tomar 100 ml.
- En las cápsulas previamente preparadas, colocar 100 ml de agua e introducirlas en la plancha magnética el tiempo que sea necesario hasta que se evapore todo su contenido.
- Colocar la cápsula en la estufa a 180 °C por 30 minutos.

- Sacar las muestras y enfriar en el desecador y pesar. Para efectuar el cálculo se la realiza con la siguiente ecuación:

Ecuación 2

$$\text{Sólidos totales} \frac{mg}{L} = \frac{(B - A) * 1000 \text{ mg/g}}{V}$$

Donde:

A: peso de la cápsula, g.

B: peso de la cápsula + residuo después de la evaporación 103-105 °C, g.

V: volumen de la muestra, L.

3.6.2.-Sólidos disueltos

Fundamento teórico: Los sólidos disueltos son las sustancias que permanecen después de filtrar y evaporar a sequedad bajo condiciones específicas de la muestra. El contenido de los sólidos disueltos se puede estimar por diferencia entre los sólidos totales y los sólidos suspendidos totales.

Equipos y materiales: Estufa - equipo de filtración - filtros para análisis gravimétrico - desecador con sílica azul como indicador colorimétrico de humedad – balanza analítica electrónica - agitador magnético - placa calefactora – probetas, vasos de precipitación.

Procedimiento: Encender la estufa a 180 °C. - Colocar el filtro sobre el equipo de filtración - Aplicar vacío y lavar con agua destilada - Continuar con la succión hasta remoción total de la muestra de agua - Retirar el filtro del equipo de filtrado con una pinza y colocarlo sobre un pedazo de papel aluminio e introducirlo en la estufa por 1 hora a 180 °C - Después de haber transcurrido el tiempo establecido introducirlo en el desecador para su respectivo enfriamiento. Pesar el filtro y registrar los datos. (Sierra, Bertel, & Barrios, 2013) (Zambrano & Garcia, 2013).

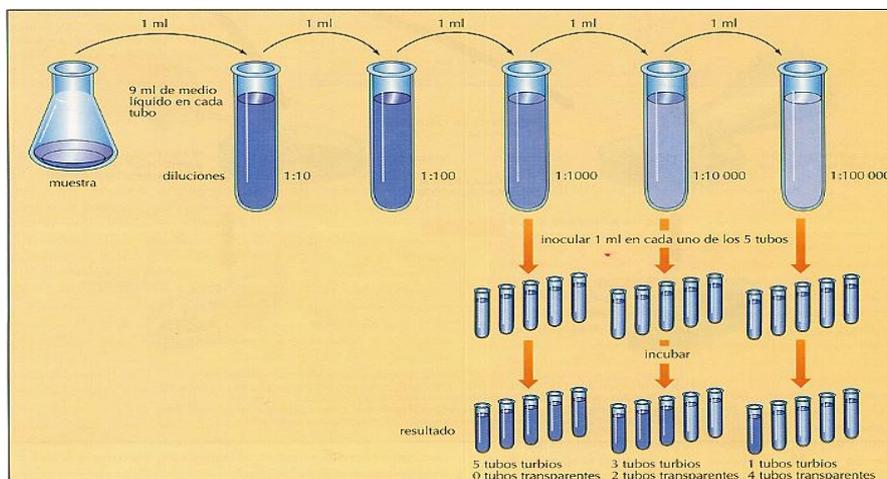
3.7.-Determinación de Coliformes totales por el método de tubos múltiples.

Mediante el número más probable (NMP) a través de la técnica de fermentación de tubos múltiples, se inoculó 1 mL de la dilución (agua de peptona y glucosa) realizada previamente, en tubos de ensayo. Se incubaron a 37°C de 24 a 48 horas en la incubadora; la formación de gas y un viraje del indicador, indicó la positividad de la muestra. Se realizó una prueba

confirmatoria, inoculando por triplicado a partir de cada tubo positivo. La formación de gas a 37°C confirmó la presencia de Coliformes totales, para determinar el Número Más probable en 100mL (NMP/100mL), se utilizó la tabla propuesta por McCready (Martínez & Albarado, 2013).

El procedimiento: Se pesó 15 g de agua de peptona, y se disolvió en 1000 mL de agua destilada en un erlenmeyer, adicionándole 5 g de glucosa, posteriormente se colocó en el agitador magnético hasta su total disolución, con una pipeta de 10 ml se colocó 9 mL del caldo en los tubos de ensayo y se autoclavó a 121 °C por un lapso de 15 min. Con la micro pipeta se tomó 1 mL de la muestra para formar la muestra madre (1:10) y se realizaron diluciones de 1:100, 1:1000, 1:10000, 1:100000 se procedió a inocular de las tres últimas diluciones 1 mL en cinco tubos correspondientes a cada dilución. Se puso a incubar a 37.5 °C por 24 horas en la incubadora (BRITO, 2010)

Figura 3.- Diagrama de diluciones



Fuente.- (Martínez & Albarado, 2013)

Materiales

Micro pipeta de 1mL, pipeta de 10 mL, autoclave, incubadora, agitador magnético, vaso de precipitación de 1000 mL, erlenmeyer 1000 mL, tubos de ensayo, gradillas.

Resultados

Los valores que se obtiene se busca con el número generado en las tablas de McCready (Muñoz, Morales, Baez, & Quintero, 2016) se verifican en la tabla de números de tubos con turbidez inoculados a partir de tres diluciones sucesivas códigos de NMP, según el valor obtenido se procede hacer el cálculo respectivo. (Molina, Jimenez, & Correa, 2017)

3.7.-Determinación de Coliformes fecales y totales por el método de siembra profunda

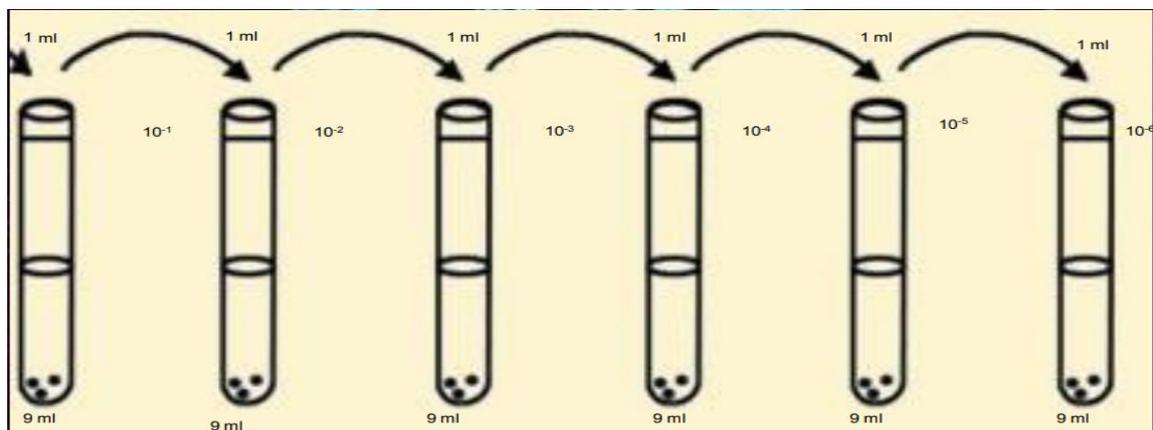
El agar para Coliformes Chromocult es un medio de cultivo cromógeno diferencial para el análisis microbiológico de muestras de agua. En un plazo de 24 horas este medio permite la detección, la diferenciación y la enumeración simultáneas de *E. coli* y bacterias Coliformes del agua potable según. (ISO9308-1, 2014)

Este procedimiento se aplica para realizar un método horizontal para el recuento de microorganismos capaces de crecer y formar colonias en un medio sólido tras la incubación a 30°C. (Passalacqua & Cabrera, 2014)

Procedimiento del cultivo

Se pesó 25.5 g de agua de peptona, disolver 1000 mL de agua destilada estéril en un Erlenmeyer de 1000 mL y se colocó en el agitador magnético para su disolución, seguidamente se auto clavó a 121 °C por un lapso de 15 min, se dejó un tiempo de reposo hasta que baje la temperatura y se colocó 9 mL en los tubos de ensayo respectivamente. Seguidamente se pesó 26.5 g agar de Coliformes y disolver en 1000 mL de agua destilada estéril, en un erlenmeyer de 1000 mL y se colocó en una plancha calefactora a 100 °C para su cocción (hervir 2 min) y dilución. (Camacho & Giles, 2009)

Figura 4.- Técnica de diluciones



FUENTE: (Cano, Rueda, 2006)

Dentro la de cabina de flujo laminar se organizó los tubos de ensayo según su dilución en este caso 10-1 y 10-2 con agua destilada estéril, coger 1 mL con la micro pipeta de la muestra y se colocó en el tubo de ensayo (solución madre), agitar por dos a tres segundos en el bortex para su homogenización y se procedió hacer las respectivas diluciones con 1 mL de la

muestra madre. El agar de coliformes a una temperatura de 35 °C se colocó en las cajas Petri, con la micropipeta se procedió a colocar 1 mL de las soluciones y poner en las cajas Petri, agitar para homogenizar y poner a que se solidifiquen, seguidamente colocar en la incubadora a 37 °C por 24 horas. (Camacho & Giles, 2009).

El recuento de coliformes se basa en la capacidad de la β -D-galactosidasa, una enzima que es característica de las bacterias coliformes, para escindir el sustrato Salmon-GAL. La reacción produce colonias de coliformes de color rojo asalmonado. El recuento de E. coli se basa en la escisión de los sustratos X-glucurónido por la β -D-glucuronidasa y Salmon-GAL por la β -D-galactosidasa, una combinación enzimática que es característica de E. coli. Cuando hay E. coli presente se escinden los dos sustratos, lo que da lugar a colonias que adquieren un color entre azul oscuro y violeta en oposición al rojo asalmonado de otras colonias de bacterias coliformes. (ISO9308-1, 2014).

Materiales, equipos, medios de cultivo, reactivos

Agua de peptona, agar para Coliformes, estufa esterilizadora, autoclave, incubadora, agitador magnético, micro pipetas 1 mL, tubos de ensayo, cajas Petri de vidrio, mechero, alcohol, cabina de flujo laminar, Erlenmeyer de 1000 mL, balanza analítica electrónica.

3.8.-Determinación de Pb y Cd

Se utilizó un espectrofotómetro de absorción atómica AA-analyst 800

Digestión de las muestras: Se homogeniza la muestra y se toma 5 mL de la muestra con una pipeta, se pasa a un vaso de precipitación y se agrega 3 mL de HNO₃ concentrado (Merck), posterior se lo pasa a una placa de calentamiento hasta que se evapore casi a sequedad, observando que no llegue a ebullición, se le coloca la muestra en un Erlenmeyer de 125 mL y se realiza un blanco con agua destilada. (APHA, 2012). (Moreno, Zugazagoitia, Sanchez, & Virginia, 2012)

Se agrega 1 o 2 mL de HNO₃ concentrado de acuerdo a la concentración, calentarlo hasta la digestión del residuo. Evitar que la solución se evapore por completo. Lavar el Erlenmeyer con agua destilada. (APHA, 2012).

Curva de calibración: Preparar disoluciones estándares de 1, 1.2 y 1,6 mg/L a partir de la disolución con el agregado de HNO₃, tal que al final la concentración final sea del 1 %.

Límites de detección y de cuantificación.

Para la determinación del límite de detección (LD) y de cuantificación (LC) utilizando el blanco de agua desionizada acidulada al 0.1 % con ácido nítrico, y se analizó Pb y Cd. Se procedió a realizar las respectivas lecturas en el equipo de absorción atómica y finalmente aplicando las ecuaciones 1 y 2 para la obtención de los resultados. (Sanchez, 2014).

Ecuación 3

$$LD \frac{mg}{l} = \frac{3.3 \times S}{M}$$

Ecuación 4

$$LC \frac{mg}{l} = \frac{10 \times S}{M}$$

Dónde:

LD: Límite de Detección

LC: Límite de Cuantificación

S: Desviación estándar de los blancos

M: Pendiente curva de calibración

3.9.-Determinación del índice de calidad de agua (ICA)

Con los resultados de los análisis realizados se procedió a la determinación del índice de calidad ambiental, siguiendo la metodología establecida por (Torres, Cruz, & Patiño, 2009), que consiste en la utilización de pesos de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos establecidos por ICA NSF 1970 y posterior se revisó las curvas de función para tomar sus datos y tabularlos de acuerdo al índice de la fundación nacional de saneamiento (INSF). Para (Fernandez, 2007) , el resultado obtenido se lo debe interpretar en base a la escala de clasificación correspondiente a cada rango.

Tabla.- Escala de clasificación del índice de calidad de agua

Excelente 91 -100
Buena 71-90
Media 51-70
Mala 26-50
Muy Mala 0-25

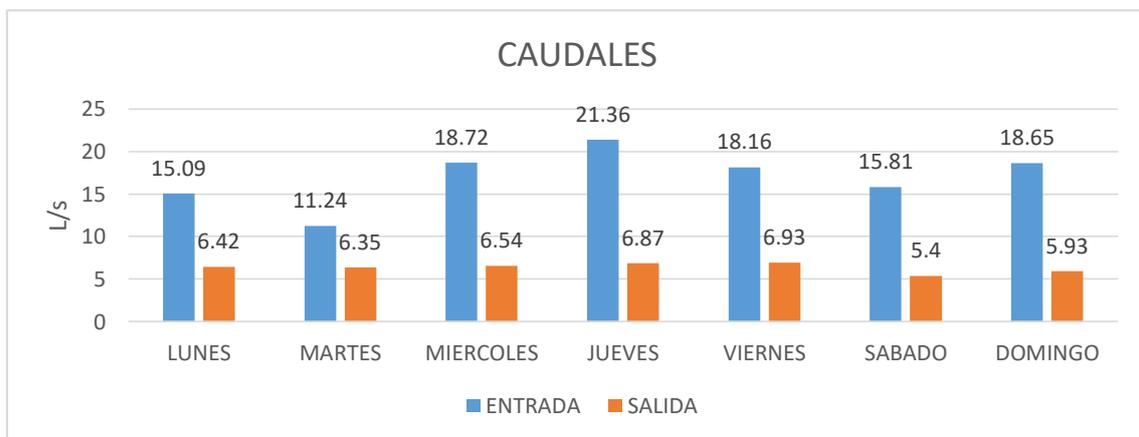
Fuente: (Fernandez, 2007)

CAPÍTULO IV

4.-RESULTADOS ESPERADOS Y DISCUSIÓN

4.1.-Determinación de caudales

La PTAP presenta valores fluctuantes a la entrada y salida del sistema. El valor promedio a la entrada es de 17 L/s de agua cruda y a la salida de 6.35 L/s de agua tratada, este valor se da porque existen dos desfoces en el tanque sedimentador y en el filtro de flujo lento. El valor máximo reportado a la entrada del día jueves es de 21.36 L/s la cual puede ser justificada por la presencia de lluvias existente en la zona de captaciones y la más baja a la entrada del día lunes con 15.09 L/s. La planta registra un caudal fluctuante a la salida en todos los días exceptuando el día sábado con un valor de 5.4 L/s siendo la más baja.

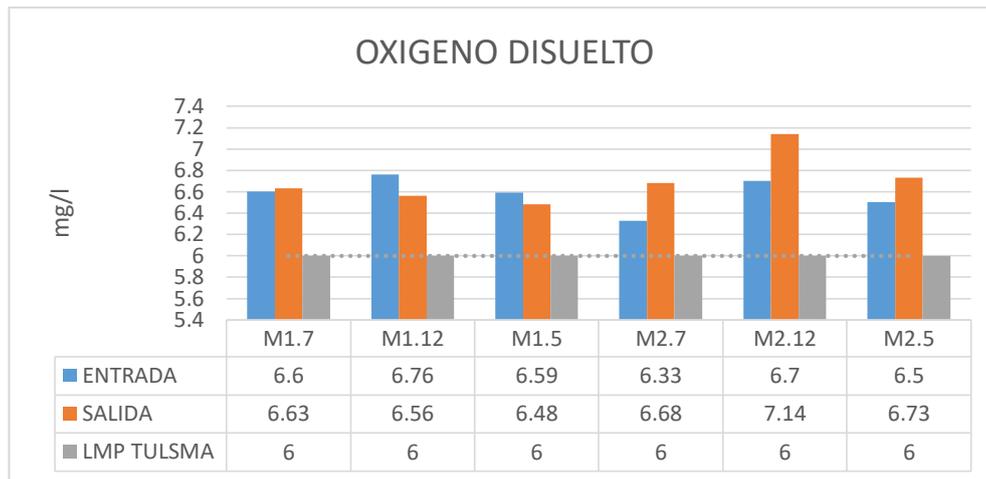


Grafica 6.-Representación de caudales en diferentes días a la entrada y salida de la PTAP

4.2.-Caracterización de parámetros físicos- químicos y microbiológicos.

4.2.1.-Oxígeno disuelto

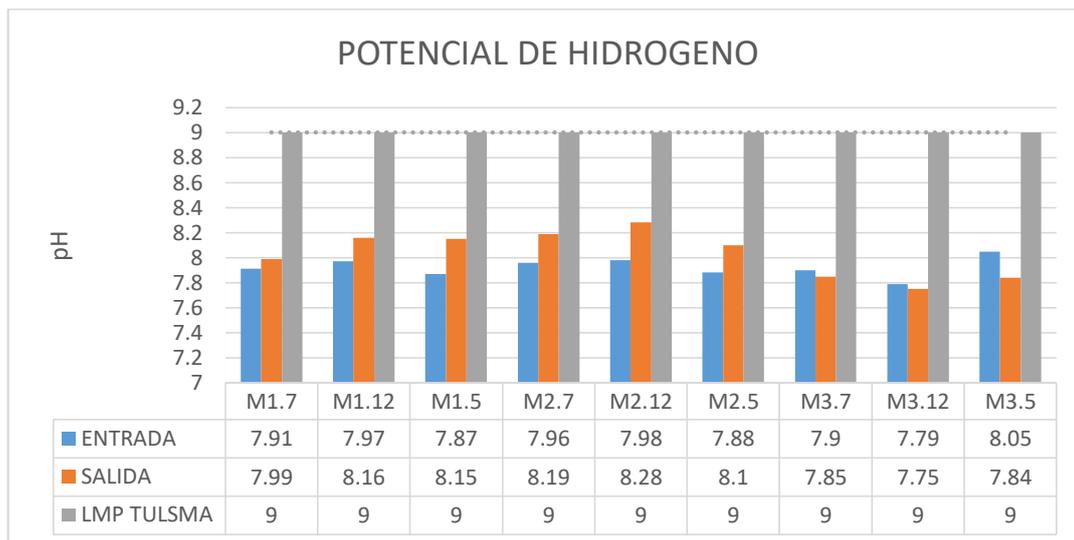
El OD promedio de la planta es de 6.58 mg/L a la entrada y a la salida es de 6.7 mg/L. Se observa que el oxígeno disuelto (OD) de la muestra M2-12 en la salida es de 7.14 mg/L mayor al de entrada que es de 6.7 mg/L, se podría argumentar que estos valores se incrementan debido a la aireación natural proveniente de la atmósfera durante su proceso de tratamiento de potabilización. De igual forma esta condición se repite en la muestra M2-5. Para las muestras restantes se puede apreciar que los valores son menores a la entrada que a la salida y sus valores son constantes entre sí.



Grafica 6.-Representación de los valores de oxígeno disuelto (OD) a distintas horas a la entrada y salida de la PTAP.

4.2.2.-Potencial de hidrógeno

El resultado del análisis de las muestras para el parámetro de PH; demuestran que dichos valores se encuentran en el rango (6-9) establecido en la normativa nacional vigente (TULSMA Libro VI, tabla 1).



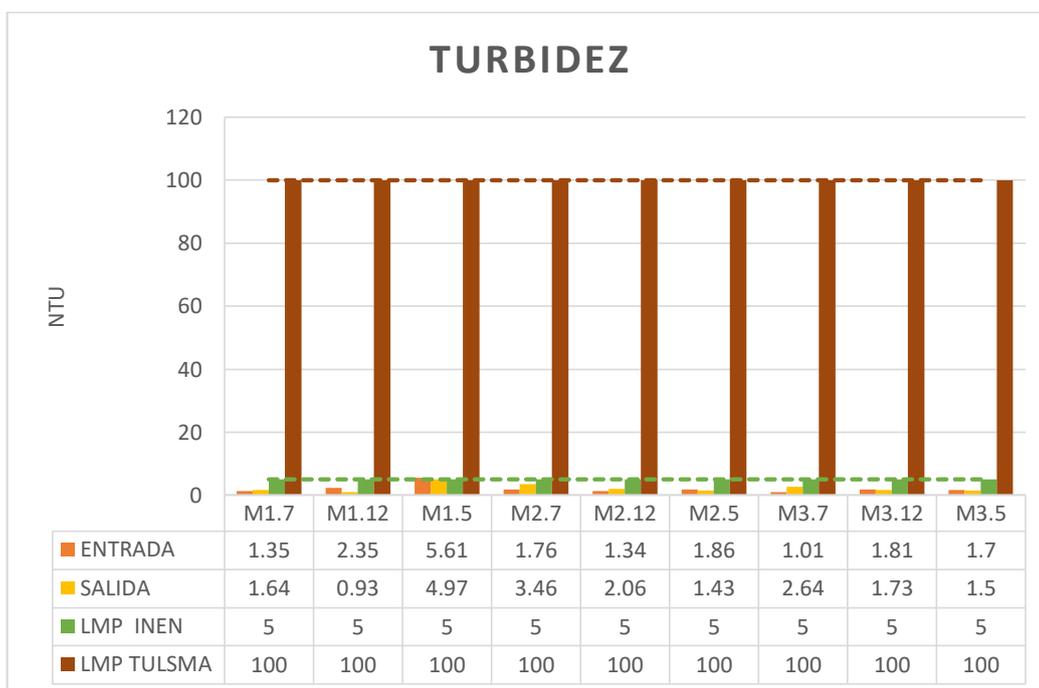
Grafica 7.-Representación de los valores del potencial de hidrogeno (pH) a la entrada y salida de la PTAP

Los resultados obtenidos de las muestras evidencian que se encuentran dentro de los límites máximos permisibles considerados aptos para agua de consumo humano. El pH en las muestras de entrada tiene valores más altos que a la salida de la planta, la muestra de salida SM-12 presenta el valor más alto con 8.28 de pH. Para las muestras de salida el valor es constante y mayor que a la entrada. Se deduce que esta condición se ve influenciado por la

presencia de carbonatos y bicarbonatos en el filtro de flujo lento, el cual produce un leve aumento en el valor del pH a la salida de la PTAP. El pH promedio de la planta a la entrada es 7.92 y a la salida de 8.03.

4.2.3.-Turbidez

El parámetro de Turbidez se encuentra regulada en la norma INEN 1108: 2014, quinta revisión y en la normativa nacional vigente (TULSMA Libro VI, tabla 1).

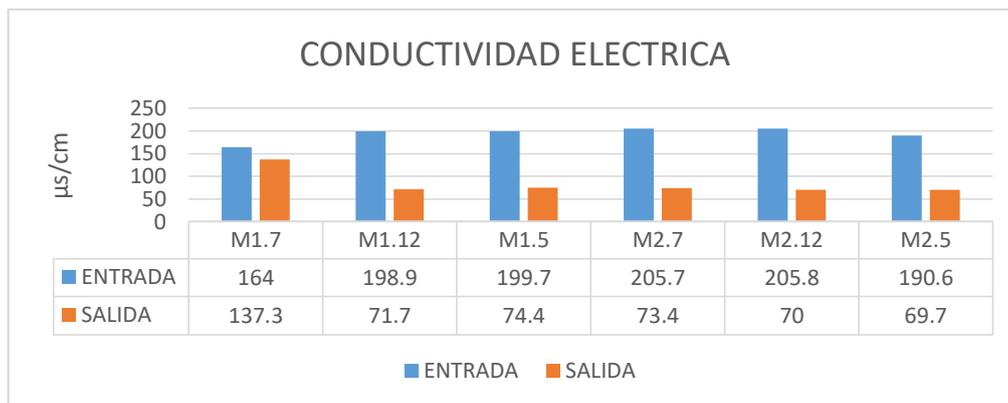


Grafica 8.-Representación de los valores del potencial de hidrogeno (pH) a la entrada y salida de la PTAP.

El promedio para la entrada de la PTAP es 2.09 NTU y para la salida 2.95 NTU respectivamente y de acuerdo a lo establecido a la norma INEN 1108: 2014, y TULSMA Libro VI, tabla 1, los valores se encuentran dentro de los límites máximos permisibles considerados aptos para agua de consumo humano. Sin embargo, el valor a la salida presenta un aumento debido a la acumulación de sólidos en el filtro de flujo lento, ocasionando su saturación esto produce que el agua al someterse a este tratamiento se ensucie y altere su valor inicial.

4.2.4.-Conductividad eléctrica

El parámetro de conductividad no se encuentra regulado en la norma INEN 1108: 2014, quinta revisión y en la normativa nacional vigente (TULSMA Libro VI, tabla 1). Pero se relaciona con la concentración de sales totales disueltas.

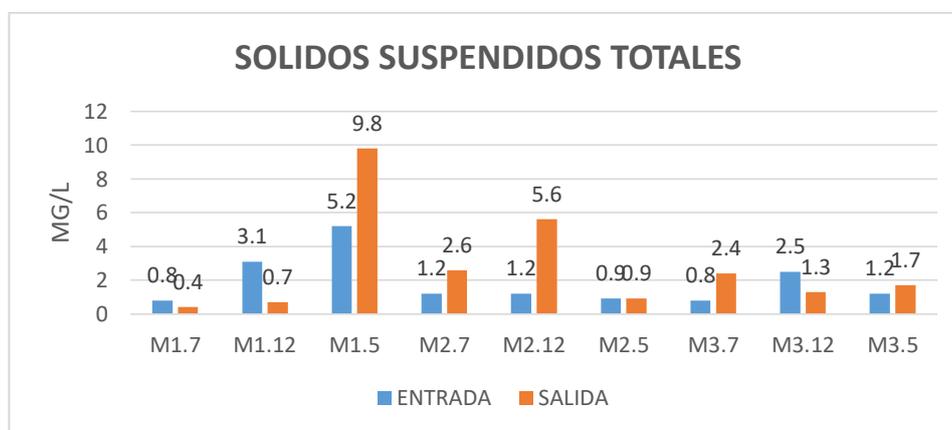


Grafica 9.-Representación de los valores de conductividad eléctrica a la entrada y salida de la PTAP

Se puede observar que los valores de conductividad son muy fluctuantes tanto a la entrada como a la salida de cada muestreo, dicho comportamiento prevalece a la entrada siendo su valor más alto en la muestra M2-7 a la entrada con 205.8 µs/cm y la salida con un valor de 73.4 µs/cm. El promedio de conductividad a la entrada de la PTAP es de 194,12 µs/cm y a la salida de 82,75 µs/cm, esta conducta se debe a que el filtro retiene el material sólido iónico y disminuye su concentración.

4.2.5.-Sólidos suspendidos totales

El parámetro de sólidos totales no se encuentra regulado en la norma INEN 1108: 2014, quinta revisión y en la normativa nacional vigente (TULSMA Libro VI, tabla 1). Sin embargo, se consideró la norma INEN 2200: 2017, segunda revisión, para agua embotellada que manifiesta el límite máximo permisible establecido entre 500 a 1000 mg/L.



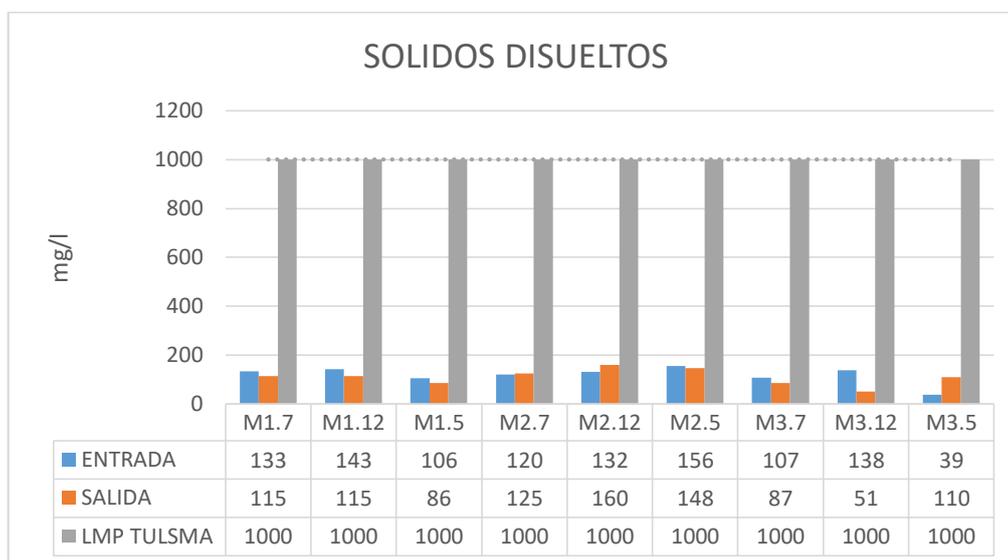
Grafica 10.-Representación de sólidos totales a la entrada y salida de la PTAP.

Se evidencia el valor máximo de sólidos totales a la salida de la PTAP en la muestra M1-5 con 9.8 mg/l y a la entrada con un valor de 5.2 mg/L. Los valores son fluctuantes tanto a la

entrada como a la salida evidenciándose así la falta de remoción de sólidos que posee la planta, presentando un valor promedio a la entrada de 1.88 mg/L y a la salida de 3.67 mg/L.

4.2.6.-Sólidos disueltos

El resultado del análisis de las muestras para el parámetro de sólidos disueltos; demuestran que dichos valores se encuentran dentro del rango (1000 mg/L) establecida en la normativa nacional vigente (TULSMA Libro VI, tabla |1).



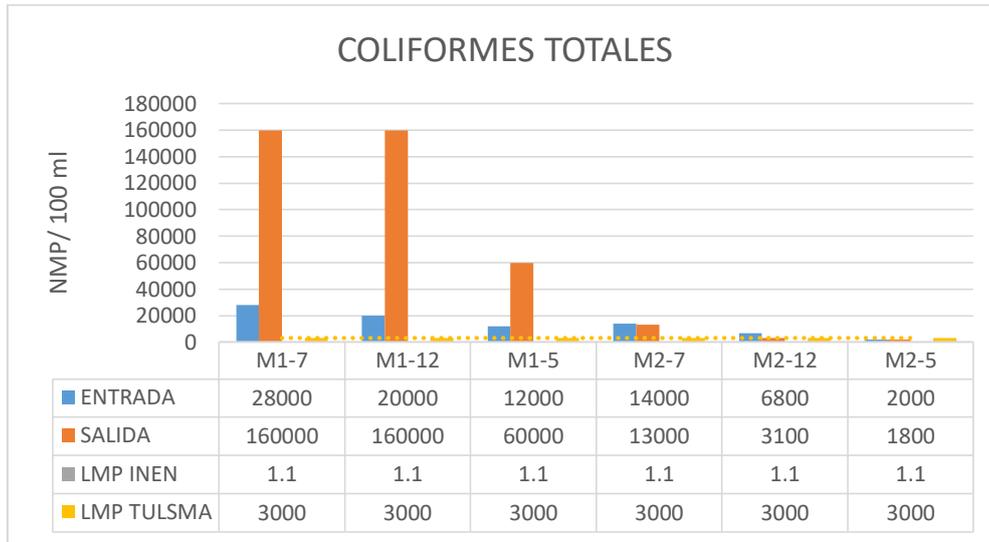
Grafica 11.-Representación de sólidos disueltos a la entrada y salida de la PTAP.

Se evidencia el valor máximo a la salida de la PTAP en la muestra M2-12 con 160 mg/L y a la entrada con un valor de 132 mg/L, los valores son fluctuantes tanto a la entrada como a la salida evidenciándose así la falta de remoción de sólidos que posee la planta, y en su defecto se deben tomar medidas de control en las instalaciones, evitando así la contaminación del agua respecto a la que posee la misma antes de ser tratada. Se evidencia un valor promedio a la entrada de 119.33 mg/l y a la salida de 110 mg/L.

4.2.7.-Coliformes totales NMP

Se evidencia que existe un mayor valor a la salida de los muestreos M1-7, M1-12 y M1-5. Se puede aducir que estos valores son influenciados por el muestreo realizado cuando el filtro se encontraba saturado y al no realizarse el proceso de cloración al final del tratamiento influye en la proliferación del número de microorganismos, presentando un valor máximo de 160000 NMP/100mL. En los siguientes muestreos se evidencia que el valor tanto a la entrada como a la salida comienza a disminuir, este comportamiento se debe a que el filtro fue sometido a una limpieza un día anterior a realizar el muestreo. El promedio con dichas

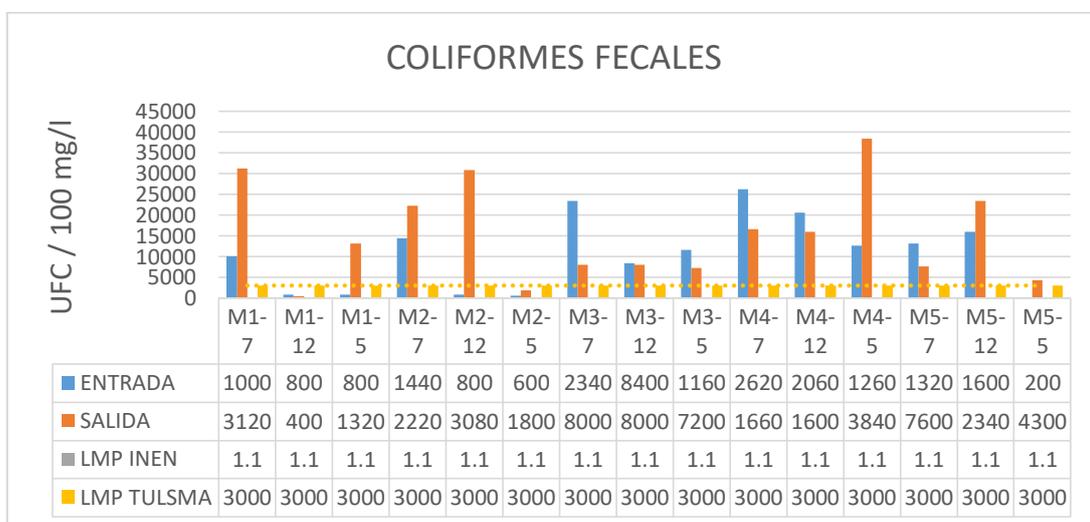
situaciones antes mencionadas presento como resultado a la entrada 13800 NMP/100mL y a la salida de 66316.7 NMP/100ml.



Grafica 12.-Representación de los valores de C. totales a la entrada y salida de la PTAP.

4.2.8.-Coliformes totales UFC

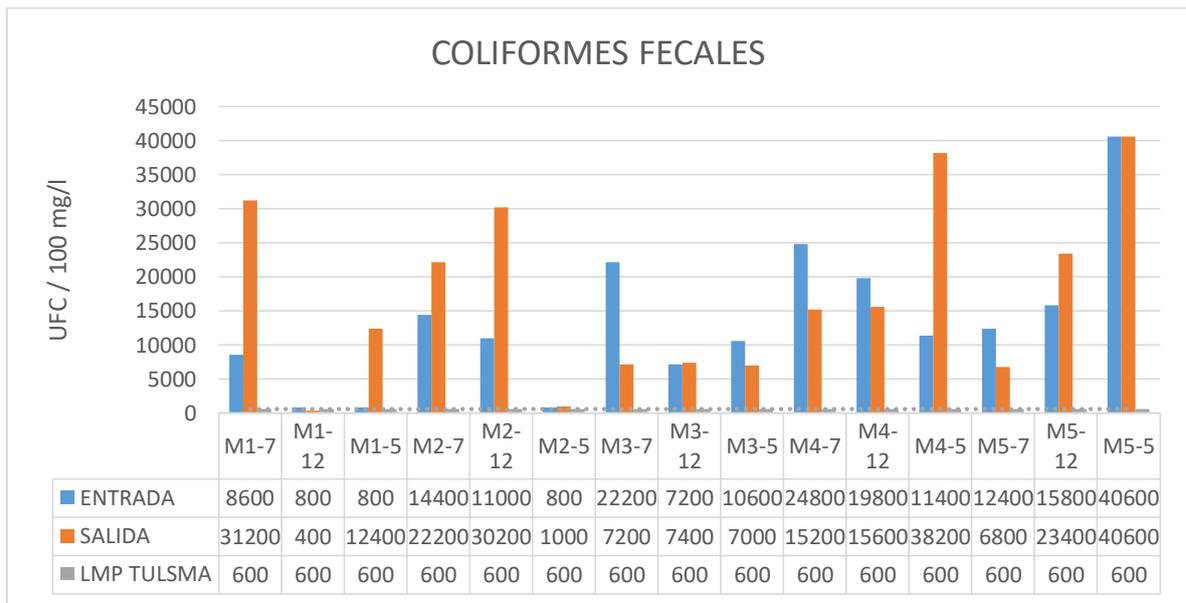
Se evidencia que existe un mayor valor a la salida de la muestra M1-7 con 31200 UFC/100ml, seguido por el muestreo M2-12 con 30800 UFC/100mL, esto se debe a que el caudal de ingreso a la planta no es constante, el mismo que al aumentar su valor ocasiona la saturación del filtro y al no realizarse el proceso de cloración al final del tratamiento influye en la proliferación del número de microorganismos presentes a la salida de la PTAP. El valor promedio a la entrada es de 10640 UFC /100mL y la salida de 14206 UFC /100mL.



Grafica 13.-Representación de los valores de coliformes totales a la entrada y salida de la PTAP

4.2.9.-Coliformes fecales UFC

Se evidencia que existe un mayor valor a la entrada de la muestra M3-7 con 22200 UFC/100mL, y a la salida del muestreo M2-12 con 20200 UFC/100mL. Se puede aducir que estos valores pueden haber sido influenciados por la presencia de microorganismos en el filtro, el cual se encontraba saturado, por lo tanto, se deduce que existen ineficiencias permanentes en el sistema de tratamiento el mismo que posee características de diseño insuficientes. La falta de cloración a la salida de la planta explicaría el valor elevado de los coliformes fecales. El valor promedio a la entrada es de 10173.3 UFC/100ml y la salida de 10653.3 UFC/100ml.



Grafica 14.-Representación de los valores de Coliformes totales a la entrada y salida.

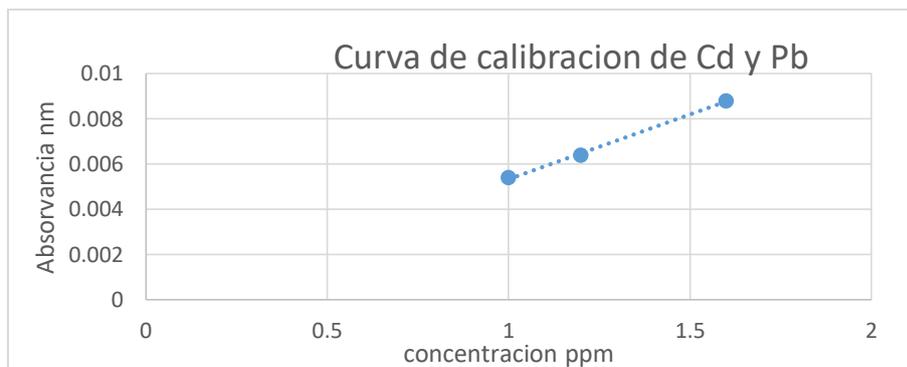
4.2.10.-Determinación de metales pesados Cd y Pb

Se utilizó el valor de referencia para el LDI que indica la guía para un EAA modelo Analyst 800, para la técnica de llama.

Tabla 5.-Límite de Detección Instrumental de Referencia para el método de espectrofotometría de absorción atómica por flama.

Elemento	Nivel de detección del instrumento mg /L	Sensibilidad mg/L	Rango óptimo de concentración mg/ L
Cd	0.002	0.025	0.05 - 2
Pb	0.05	0.5	1 - 20

Fuente: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22 ND Edition



Gráfica 15.-Curva de calibración de Cd y Pb

Como se puede apreciar en la Tabla el nivel de detección del instrumento de absorción atómica establecidas en los Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22 ND Edición, para cadmio es de 0.002 y para plomo 0.05, dados los resultados obtenidos y al no presentar variaciones en la curva de calibración realizada con las concentraciones se puede afirmar que se encuentra inferior al límite de detección.

4.3.-Comparación de resultados con la legislación ambiental nacional.

Tabla 6.-Cumplimiento de los límites máximos permisibles con la norma INEN 1108: 2014, quinta revisión y la normativa nacional vigente (TULSMA Libro VI, tabla 1).

PARAMETROS	UNIDADES	ENTRADA	SALIDA	NORMA INEN 1108; QUINTA REVISION	TULSMA Libro VI, tabla 1	DESCRIPCION
PH		7.92	8.03		9	Si cumple
TURBIDEZ	NTU	2.08	2.95	5	100	Si cumple
S. SUSPENDIDOS TOTALES	mg/l	1.87	2.82			
SOLIDOS DISUELTOS	mg/l	119.33	110.77		1000	Si cumple
OXIGENO DISUELTO	mg/l	6.58	6.7		No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6mg/l	Si cumple
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	µs/cm	194.11	82.75			
Coliformes totales NMP (2 días)	NMP/100 ml	13800	66316.7	1.1	3000	No cumple
Coliformes totales UFC (5 días)	UFC/100 ml	10640	14206	1.1	3000	No cumple
Coliformes fecales UFC (5 días)	UFC/100 ml	10173.3	10653.3	1.1	600	No cumple
Cadmio	mg/l			0.003	0.01	Inferior al límite de detección
Plomo	mg/l			0.01	0.05	Inferior al límite de detección

Elaborado por: Fonseca J; Andy M.

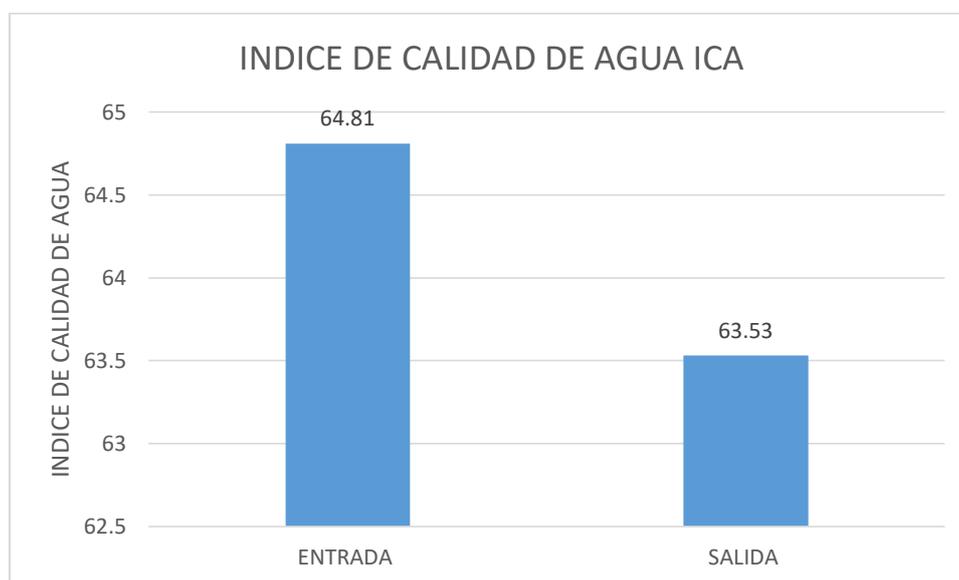
Los resultados de los análisis se compararon con la normativa vigente ecuatoriana, norma INEN 1108: 2014, quinta revisión y la normativa nacional vigente (TULSMA Libro VI, tabla 1; Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional). Los parámetros PH, Turbiedad, Sólidos disueltos, y Oxígeno disuelto cumplen con los estándares de dicha normativa. En cuanto a

coliformes fecales NMP presenta un valor muy elevado por ende no cumple con lo establecido, referente a Cd y Pb se encuentra inferior al límite de detección, mientras que para, conductividad, sólidos totales, coliformes fecales y totales reportados en UFC, no se encontraron límites máximos permisibles tanto en la norma INEN 1108: 2014, quinta revisión y la normativa nacional vigente (TULSMA Libro VI, tabla 1).

4.4.- ICA – Índice de calidad ambiental

En la determinación del ICA, se utilizó el valor promedio de entrada y salida de la PTAP de los diferentes parámetros: pH, temperatura, turbidez, sólidos disueltos, oxígeno disuelto y coliformes fecales.

Según la escala de clasificación de (Fernandez, 2007) , los valores obtenidos a la entrada y salida de la planta se encuentran en el rango de 51-70, que es catalogada como agua de calidad media y se encuentran aptas para el consumo humano. Para (Torres, Cruz, & Patiño, 2009), este tipo de agua deben ser sometidas a un tratamiento convencional y dependiendo la concentración de sus parámetros ser sometidas a tratamientos especiales.



Grafica 16.- Representación de los valores de ICA a la entrada y salida de la PTAP.

4.5.-DISCUSIÓN

En el presente estudio realizado, los valores de pH oscilaron entre 7.92 y 8.03 encontrándose en un rango aceptado por la Norma INEN 1108: 2014, quinta revisión y normativa nacional vigente (TULSMA LIBRO VI, tabla 1). Difiere con los valores de 6.96 y 7.15 reportados por (Calunia, 2015), pero coinciden con los reportados por (Bracho, Irguin, Rodríguez, Fernández, & Moraima, 2017) quienes reportaron los valores de pH entre 5.98 y 8.05 en agua para consumo humano realizada en la comunidad San Valentín, Venezuela.

Los valores de turbiedad del presente estudio son 2.09 a la entrada y 2.95 NTU a la salida, estando dentro del rango del límite permisible de la NTE, INEN 1108: 2014 y (TULSMA LIBRO VI, tabla 1), por ende los valores de 5 a 0.36 reportados por (REASCOS & YAR, 2010), presenta bajos niveles que no afectan a los consumidores.

Según la tesis realizada por (Alban, 2012), determinó que los parámetros físico-químicos y microbiológicos analizados (Turbiedad, Sólidos Totales, DBO_5 , Coliformes Totales y Coliformes Fecales) alcanzaron en su mayoría los límites establecidos por el Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULAS 2012), Libro VI, Anexo 1 y Norma NTE INEN 1108:2010. Límites Máximos Permisibles. Como es el caso de coliformes totales, esta presenta un valor de 81,5 NMP/100ml a la salida y el LMP que establece la normativa vigente y coliformes fecales supera con un valor de 50 NMP/100ml a la salida para agua de consumo humano. En lo referente a este estudio difiere con los valores de coliformes totales en NMP un valor de 13800 NMP/100mL y la salida de 66316.7 NMP/100ml. Los coliformes totales en UFC/100ml presentó un valor promedio a la entrada de 10640 UFC/100 ml y la salida de 14206 UFC/100ml y en lo referente a coliformes fecales en UFC/100ml presenta un valor promedio a la entrada de 10173.3 UFC/100 ml y la salida de 10653.3 UFC/100ml. Se encontró una correlación fuerte entre las colonias de microorganismos, debido a que al aumentar el caudal de agua que ingresa a la PTAP hay un mayor aporte de sedimento, dado que ingresa a la entrada 17 L/s de agua cruda y a la salida 6.35 L/s de agua tratada, lo que incrementa la concentración de microorganismos en el filtro de flujo lento cuando este se satura y esto es notable puesto que la turbidez a la salida presenta un valor de 2.95 NTU y a la entrada un valor de 2.09. Lo cual indica que el agua en el proceso de tratamiento se ensucia por no existir una limpieza periódica.

Sin embargo (Alban, 2012) reporta valores de turbiedad a la salida de 1.82 NTU lo cual difiere con la presente investigación pero puede ser justificada con el caudal de entrada que presenta un valor de 7.67 y a la salida con 6.25, valores muy bajos a los obtenidos en la

investigación actual y con las especificaciones anteriores de la planta no sufría mayor afectación en el filtro de flujo lento.

En lo que respecta a sólidos totales los valores reportados por Albán , con una cantidad menor de 82 mg/L y de 72.65 mg/L de entrada y de salida con una concentración de 91 mg/L, estos valores se encuentran por debajo de los LMP no debe aumentar la concentración de sólidos en el sistema de tratamiento, evidenciando que la PTA no siempre disminuye la concentración de sólidos, difiriendo con la actual investigación pues se reportan valores de 5.2 mg/l, a la entrada y 9.8 mg/l a la salida como los más representativos por ende se deduce que los valores son fluctuantes tanto a la entrada como a la salida evidenciándose así la falta de remoción de sólidos por parte de la planta potabilizadora.

El valor de la conductividad reportó un promedio de 194,12 $\mu\text{s/cm}$ a la entrada y 82,75 $\mu\text{s/cm}$ a la salida de la PTAP, por lo tanto, se aduce que la planta retiene cierta cantidad de sedimentos. Según (ARPI & YUNGA, 2017) reportan un valor de $63,58 \pm 4,66 \mu\text{s/cm}$ el cual cumple con los límites permisibles que rigen la OMS con un rango de 50 a 100 $\mu\text{s/cm}$.

El cadmio y el plomo en los análisis realizados no presentaron variaciones debido a los límites de detección empleado por el método de espectrofotometría de absorción atómica de llama, estando bajo los límites permisibles de la NTE, INEN 1108: 2014 y (TULSMA LIBRO VI, tabla 1). Según (Moreno, Zugazagoitia, Zugazagoitia, Córdoba, & Melo, 2012), Sostienen en su análisis que las dichas concentraciones se encuentran dentro de los límites máximos permisibles para agua potable, pues no hubo presencia de ningún metal, lo cual puede deberse a la sedimentación del mismo.

4.6.-Medidas Correctivas

En base a los resultados obtenidos de dicho proyecto se planteó medidas correctivas como alternativas más relevantes que ayuden a cumplir las condiciones del líquido vital apto para el consumo humano del barrio las Américas que son las siguientes:

- Realizar un monitoreo periódico de la calidad de agua que posee la planta de tratamiento, centrándose en aspectos físico-químicos y microbiológicos para conocer la realidad del estado actual del agua que se está dotando a la población.
- Implementar herramientas como barredores y recoge hojas, cepillos, hidrolavadora, cloro para realizar una limpieza periódicamente con el fin de evitar la acumulación de la materia orgánica en cada uno de los componentes que posee la planta.
- Gestionar los recursos necesarios para realizar el cerramiento de la planta potabilizadora con el fin de restringir el paso a personas no autorizadas que puedan alterar la calidad de agua que se distribuye a la población.
- Incluir un sistema de cloración al final de la planta de tratamiento, para disminuir la cantidad microbiana presente en el líquido vital previo a la distribución a los pobladores.
- Implementar un taque de homogenización para regular los caudales y evitar el exceso de agua y la saturación del filtro de flujo lento.

CAPITULO V.

5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Con la determinación de caudales se puede concluir que el valor que ingresa a la planta es fluctuante, debido a que no existe un tanque de igualamiento para que ingrese una cantidad constante la cual sea capaz de tratar la PTAP.
- Referente a la caracterización los resultados obtenidos para pH, turbiedad, Sólidos Disueltos, oxígeno disuelto, cumplen con los requisitos de la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108: 2014, quinta revisión para agua de consumo humano y en la normativa nacional vigente (TULSMA Libro VI, tabla 1), su resultado se encuentra dentro del límite máximo permisible según estas normas. Con respecto a coliformes fecales y totales no cumplen con las normas antes mencionadas por lo cual es preocupante que se siga dotando agua en estas condiciones a la población. Y el parámetro de conductividad cumple con los valores establecidos por la OMS.
- Según lo expuesto en lo anterior, se puede concluir que la calidad del agua distribuida por la planta potabilizadora de la junta de agua potable del barrio las Américas no cumple con todos los requisitos que se establece la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108 y en la normativa nacional vigente (TULSMA Libro VI, tabla 1), mostraron fluctuaciones en sus valores entre los días de muestreo, indicando que las variaciones de la calidad de agua dotada a la población en el transcurso del estudio influyeron en cuanto a la calidad de la misma y podría causar daño o poner en riesgo a la población.
- El Índice de calidad ambiental se estableció en un rango de 51-70, que es catalogada como agua de calidad media, este tipo de agua debe ser sometida a un tratamiento convencional para encontrarse apta para el consumo humano.

5.1.-Recomendaciones

- El personal encargado de la junta de agua potable del barrio las américas y su directiva debe realizar una constante vigilancia de la calidad del agua, dotando los recursos necesarios para realizar análisis periódicos de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, como lo establecen los estatutos de la misma, con el objetivo de obtener resultados óptimos para el consumo del líquido vital y en el caso de que existan inconvenientes poder brindar soluciones oportunas.
- Implementar equipos e insumos para realizar un correcto mantenimiento a sus instalaciones que es útil para descartar una posible contaminación por microorganismos que se encuentren en el agua.
- Con el fin de garantizar el consumo de agua potable se debe realizar un control basado en la fuente de agua, control en las redes de distribución, métodos apropiados para el mantenimiento y tratamiento de la PTAP y una periódica vigilancia del agua que se distribuye a la población.
- Para evitar la dotación directa sin un previo tratamiento, se recomienda la construcción de un nuevo filtro de flujo descendente, que sustituya las funciones que realiza el filtro de flujo lento para emplearlo cuando este se encuentre en mantenimiento y limpieza.
- Realizar un mantenimiento periódico a la arena del filtro de flujo lento para evitar la saturación del mismo.
- Implementar un sistema de coagulación y floculación en la PTAP con el fin de disminuir la presencia excesiva de sólidos en el agua debido a las condiciones climáticas del lugar.
- Integrar un bypass en la PTAP para que ingrese un caudal constante al sistema de tratamiento.

Bibliografía

- Aguilar, M. (2002). Tratamiento físicoquímico de aguas residuales: Coagulación y floculación. Murcia: Universidad de Murcia.
- Alban, G. (2012). "PLAN DE MANEJO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL AGUA POTABLE DEL BARRIO LAS AMERICAS, PARA CUMPLIR CON LA NORMATIVA PARA AGUA DE CONSUMO HUMANO". Puyo, Pastaza, Ecuador.
- APHA. (2012). Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. 22nd Edition, American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation.
- ARPI, J., & YUNGA, M. (2017). "Evaluación de la calidad de agua de los sectores Corazón de María y Zhirincay de la Junta Administradora de agua potable Regional Bayas del Cantón Azogues". Ecuador.
- Bracho, F., Irguin, Rodríguez, Fernández, & Moraima. (2017). Evaluación de la calidad de las aguas para consumo humano en la comunidad venezolana de San Valentín, Maracaibo. Minería y Geología.
- BRITO. (2010). "CALIDAD BACTERIOLÓGICA Y PARASITOLÓGICA DEL AGUA. UNIVERSIDAD DE CUENCA.
- Calunia, A. (2015). Analisis de agua de consumo humano para la determinacion de un sistema de tratamiento en la parroquia el Triunfo, Canton y Provincia de Pastaza. ecuador .
- Camacho, & Giles. (2009). Determinación de coliformes totales por cuenta en placa . Facultad de Química, UNAM. México.
- Carbotecnia. (11 de mayo de 2015). Obtenido de PH del agua: <https://www.carbotecnia.info/encyclopedia/que-es-el-ph-del-agua/>
- Carvajal, Gomez, & Gallegos. (2010). MÉTODOS ANALÍTICOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FISICO QUIMICA EN AGUA. colombia.
- Fernandez, N. (2007). Indice de calidad de agua . Colombia : Centro de investigaciones en Hidroinformatica.
- Gomella, C. (1977). Tratamiento de aguas para abastecimiento público. Barcelona: Editores técnicos asociados s.a.
- Hach. (2015a). Conductivity, method 8160.8.
- Hach. (2015b). Oxigen Dissolved method 10360.
- ISO9308-1. (2014). Detección simultánea de bacterias coliformes. Merck Millipore.
- Manahan, S. (2007). Introducción a la química ambiental. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Marín Galvín, R. (2003). Físico química y microbiología de los medios acuáticos. Madrid: Editorial Díaz de Santos.

- Martínez, & Albarado. (2013). Calidad bacteriológica de aguas en piscinas públicas y privadas de la ciudad de Cumaná, estado Sucre, Venezuela. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, 37-45 .
- Molina, Jimenez, & Correa. (2017). Cuantificación de coliformes totales. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*.
- Moreno, C., Zugazagoitia, R., Sanchez, C., & Virginia, R. C. (2012). Determinación de metales pesados en el agua de un canal de Xochimilco (México, D.F.) como proyecto de Servicio Social. *Educacion quimica*, 23(3), 375-382,.
- Moreno, C., Zugazagoitia, R., Zugazagoitia, R., Córdoba, R., & Melo, V. (2012). Determinación de metales pesados en el agua de un canal de Xochimilco (México, D.F.) como proyecto de Servicio Social. México.
- Muñoz, Morales, Baez, & Quintero. (2016). Métodos económicos para la cuantificación de microorganismos. Science Associated Editors L.L.C.
- NTE-INEN-1108. (2014). NORMA TECNICA ECUATORIANA : AGUA POTABLE . RREQUISITOS. NORMA, 1 - 10.
- Organización Panamericana de la salud. (1988). Guías para la calidad del Agua Potable.
- Osorio Gómez, F. (2010). Tratamiento de aguas para la eliminación de microorganismos y agentes contaminantes. Madrid: Editorial Díaz de Santos.
- Passalacqua, & Cabrera. (2014). ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO. Red Nacional de Laboratorios Oficiales de Analisis de alimentos.
- Quino, I., & Guisbert, E. (2007). DETERMINACION DEL LIMITE DE DETECCION INSTRUMENTAL (LDI) Y LIMITE DE CUANTIFICACION INSTRUMENTAL (LCI) EN ELEMENTOS TRAZA DE AGUA SUBTERRANEA. *Revista boliviana de quimica*, 24(1), 53-57.
- REASCOS, B., & YAR, B. (2010). EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA EL CONSUMO HUMANO DE LAS COMUNIDADES DEL CANTÓN COTACACHI Y PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTIVAS. Ecuador .
- Restrepo, Iné, Sánchez, Darío, Luis, Galvis, . . . Irma. (2007). Avances en investigación y desarrollo en agua y saneamiento. Cali: Universidad del Valle.
- Sanchez, R. (2014). DETERMINACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS (PLOMO, CROMO, CADMIO Y MERCURIO). Santiago de cali.
- Sierra, Bertel, & Barrios. (2013). Manual de Métodos Analíticos para la Determinación de parametros fisicoquimicos basicos en agua. Colombia.
- Torres, p., Cruz, C., & Patiño, P. (2009). indices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la produccion de agua para consumo humano. *Revista ingenierias Universidad de medellin*, 8(15) , 81-82.
- Zambrano, & Garcia. (2013). Determinación de sólidos totales, suspendidos, sedimentados y volátiles, en el efluente de las lagunas de oxidación situadas en la parroquia colón, cantón Portoviejo, provincia de Manabí, durante el período de marzo a septiembre 2013. portoviejo .

ANEXOS
CAPTACIONES Y COMPONENTES DE LA PLANTA

Fotografía 1.- Captación del rio apangora



Fotografía 2. Captación de pozo (Ojo apangora 1)



Fotografía 3. Captación Apangora (Ojo apangora 2)



Fotografía 4. Captación Seleccion



Fotografía 5. Área de compuertas a la entrada de la PTAP.



Fotografía 6. Entrada de agua a la PTAP



Fotografía 7.- Filtro de flujo lento



Fotografía 8. Limpieza del filtro de flujo lento.



Fotografía 9. Desinfección de las paredes del filtro.



Fotografía 10.- Tanque reservorio de 10 m³



Fotografía 11.- Tanque de reposo



Fotografía 12.-mantenimiento y limpieza.



ANÁLISIS EN LABORATORIO

Fotografía 13.- Autoclave



Fotografía 14. Limpieza de materiales



Fotografía 15. Pesaje de capsulas



Fotografía 16. Filtración al vacío



Fotografía 17.- Preparación de solución de limpieza



Fotografía 18.- Preparación de agua de peptona



Fotografía 25.- Determinación de turbidez



Fotografía 26.- Espectrofotómetro midiendo el cadmio y plomo

