

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZONICA

INGENIERIA AMBIENTAL

PROYECTO DE INVESTIGACION Y DESARROLLO

PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO AMBIENTAL

**“EVALUACIÓN DEL PROCESO DE POTABILIZACIÓN DE AGUA
DEL CANTÓN PABLO SEXTO EN EL AÑO 2016”**

AUTORES:

JINSON DARIO MARTINEZ OÑATE

DIEGO ALEXANDER FONSECA LOPEZ

TUTOR:

MSc. ALBERTO VELEZ CEVALLOS

PUYO-ECUADOR

2016

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Nosotros, **Jinson Darío Martínez Oñate** y **Diego Alexander Fonseca López**, declaramos que los criterios y opiniones que constan en el Proyecto de Investigación y Desarrollo son de su exclusiva responsabilidad.

Jinson Darío Martínez Oñate

Diego Alexander Fonseca López

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Director de Proyecto de Titulación denomina **“EVALUACIÓN DEL PROCESO DE POTABILIZACIÓN DE AGUA DEL CANTÓN PABLO SEXTO EN EL AÑO 2016”** de los autores: **Jinson Darío Martínez Oñate** con CI: 160058094-6 y **Diego Alexander Fonseca López** con CI: 160038642-7, egresados de la carrera de Ingeniería Ambiental, considero que reúnen los requisitos y méritos suficientes para ser sometidos a la evaluación del jurado examinador designado por el consejo directivo.

MSc. Alberto Vélez

**EL PROYECTO DE INVESTIGACION Y DESARROLLO FUE
REVISADA Y APROBADA POR EL SIGUIENTE TRIBUNAL DE
GRADO**

Dr. Reinier Abreu

MSc. Karel Diéguez

MSc. Leo Rodríguez

AGRADECIMIENTO

Dios padre y su hijo Jesucristo, por guiar mis pasos y llevarme alcanzar mis metas y objetivos, permitiéndome llegar a este momento, regando bendiciones en mi vida.

A mi familia que con su incondicional apoyo permanente supieron ser un soporte en todo momento de mi vida, en especial a mi madre Carmen Oñate, mi padre José Martínez y mi hermana Patricia Martínez, que me dieron una segunda oportunidad de volver a retomar mis estudios, ya que con sus consejos estuvo

apoyándome en los momentos más difíciles de mi vida, como también compartiendo mis alegrías, que con su gran comprensión, cariño, apoyo, amor, que me inculco valores positivos para mi bienestar en el futuro, cuando ejerza mi profesión en el campo de trabajo, demostrando que con esfuerzo y dedicación llegue a cumplir una meta más en mi vida.

De igual manera al M.Sc. Alberto Vélez, quien con su aporte de conocimientos, experiencia y esfuerzo contribuyo para la culminación de este trabajo de investigación.

Mis amigos de Barrio, Universidad, gracias por brindarme su amistad, apoyo y todos los momentos vividos.

Por, último quiero dejar constancia de mi agradecimiento a todas y cada una de las personas que de una u otra forma han contribuido con su granito de arena para hacer real el presente trabajo.

JINSON

DEDICATORIA

Dios Padre y su hijo Jesucristo

Por permitirme llegar a este momento, regando bendiciones en mi vida.

Mi Madre

Carmen Yolanda Oñate Ocaña, por haberme dado su cariño, esfuerzo, apoyo, consejos y motivación para seguir adelante.

Mí padre

José Corazón Martínez Morales, por su apoyo incondicional.

Mís hermanos

Willian Wilson Martínez Oñate, Darwin Wilfrido Martínez Oñate

Dennis Jokebed Martínez Oñate

Para que mí triunfo les sirva de ejemplo en su vida y también de orgullo para su futuro.

Mí hermana Y Esposo

Norma Patricia Martínez Oñate y Dorian Chango Aguilar, por su apoyo incondicional ya que gracias a ellos pude cumplir mí meta.

Mís Sobrinos

Abigail Chango Martínez, Jair Chango Martínez, Danna Martínez Jaramillo, David Martínez Altamirano, Helen Martínez Altamirano.

Por darme fuerza valor, alegría y acompañarme en la sustentación de mí proyecto de titulación.

Mís amigos de Barrio, Universidad

Gracias por brindarme su amistad, apoyo y todos los momentos vividos.

AGRADECIMIENTO

A Dios que me ha heredado el tesoro más valioso que puede dársele a un hijo "sus padres".

A mis padres quienes sin escatimar esfuerzo alguno sacrificaron gran parte de su vida para educarme.

A mis hermanos quienes la ilusión de su vida ha sido verme
convertido en un hombre de provecho.

Jamás encontraré la forma de agradecer el cariño,
comprensión y apoyo brindado en los momentos buenos y
malos de mi vida, hago este triunfo compartido, sólo
esperando que comprendan que mis ideales y esfuerzos son
inspirados en cada uno de ustedes, sabiendo que no existirá
forma alguna de agradecer una vida de sacrificios,
esfuerzos y amor, quiero que sientan que el objetivo
alcanzado también es de ustedes y que la fuerza que me
ayudó a conseguirlo fue su gran apoyo.

Con amor, agradecimiento y respeto

Díego

DEDICATORIA

Por su paciencia, perseverancia, sacrificios y
apoyo incondicional, dedico este trabajo con

ínnmenso afecto a mí madre Martha López y a
mí padre Segundo Fonseca, son el motor de
mí vida, mí mejor ejemplo y mí mayor
ínspiración, mís logros sín duda alguna son
resultado de su amor.

RESUMEN

El presente proyecto se realizó con el objetivo de realizar un estudio del funcionamiento de la planta de potabilización de agua del cantón de Pablo Sexto, a fin de proponer medidas que contribuyan a mantener una calidad de agua apta para consumo humano, en el cual se realizó un diagnóstico de la situación actual de los diferentes componentes del sistema de la planta, la caracterización

microbiológica y físico-química del agua y la propuesta de un plan de manejo que mejore la eficiencia del sistema de la planta.

Abordando la evaluación de la calidad de agua que se consume en la cabecera cantonal de Pablo Sexto. En la misma se lleva a cabo en primer lugar una caracterización y diagnóstico ambiental para detectar los principales problemas que tenía la cabecera cantonal de Pablo Sexto y la planta proveedora de agua a la misma, mediante encuestas y observaciones.

Para la evaluación de la planta se determinaron los flujos de agua, adecuabilidad de las operaciones existentes. Además se realizó un análisis físico-químico, y microbiológico a muestras de agua a la captación, planta y distribución de la cabecera cantonal, para analizar los respectivos parámetros de calidad de agua. Del proceso de evaluación se obtuvo que para determinar el caso específico del sedimentador en épocas de lluvia no abastece, por lo tanto se propuso la implementación de un pozo de gruesos y de un tamiz estático para la remoción y retención de sólidos. También se demostró que el proceso de limpieza y mantenimiento de la planta no es el más adecuado.

PALABRAS CLAVES:

1. CALIDAD
2. EVALUACION
3. ANALISIS

ABSTRACT

This project was carried out with the aim of conducting a study of the operation of the plant water purification Canton Pablo Sexto, to propose measures to help maintain a quality of water for human consumption, which was held a diagnosis of the current situation of the different system components

of the plant, microbiological and physic-chemical characterization of water and a proposed management plan to improve the system efficiency of the plant.

Addressing the assessment of the quality of water consumed in the cantonal head of Pablo Sexto. In the same it is carried out first characterization and environmental diagnosis to detect the main problems was the cantonal head of Pablo Sexto and plant supplying water to it, through surveys and observations.

For the evaluation of the plant water flows they were determined suitability of existing operations. Besides a physical-chemical and microbiological analysis of water samples uptake, plant and distribution of the cantonal head was performed to analyze the respective parameters of water quality. The evaluation process was obtained to determine the specific case of settler in the rainy season does not provide, therefore implementing a thick shaft and a static sieve for the removal and retention of solids was proposed. It was also shown that the process of cleaning and maintenance of the plant is not suitable.

KEYWORDS:

1. QUALITY
2. EVALUATION
3. ANALYSIS

Contenido

CAPÍTULO I 15

1.1 INTRODUCCIÓN 15

1.2	PROBLEMA	17
1.3	HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	17
1.4	OBJETIVOS	17
1.4.1	OBJETIVO GENERAL.....	17
1.4.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	17
CAPÍTULO II		17
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN		17
2.1	Características climatológicas.	18
2.2	Cuencas hídricas.....	18
2.3	Partes de la planta potabilizadora.	18
2.4	Parámetros e Indicadores De La Calidad De Agua Potable.	20
2.5	Determinación De Caudal Mediante El Molinete Hidráulico.	25
2.6	Legislación Y Normativa De La Calidad De Agua.	26
2.6.1	TUISMA Libro VI.....	26
2.6.2	Normas INEN 1108.....	28
2.6.3	Epanet.	30
CAPÍTULO III		32
METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN		32
3.1	Localización	32
3.2	Metodología Del Primer Objetivo.	33
3.3	Metodología Segundo Objetivo.	34

3.4	Metodología Del Tercer Objetivo.....	36
3.5	Metodología Del Cuarto Objetivo.	38
3.6	RECURSOS HUMANOS, MATERIALES Y EQUIPOS.....	38
CAPÍTULO IV		40
RESULTADOS Y DISCUSION		40
4.1	ANALISIS DE INFRAESTRUCTURA.....	40
4.2	ANÁLISIS FÍSICOS-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS.	47
4.3	SIMULACIÒN EN LA RED DE ABASTECIMIENTO MEDIANTE SOFTWARE EPANET.	55
4.4	PROPUESTA PARA PLANTA EN EPOCA DE LLUVIA.....	61
CAPÍTULO V		65
CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES		65
5.1	CONCLUSIONES.....	65
5.2	RECOMENDACIONES.....	65
CAPÍTULO VI		66
6.1	BIBLIOGRAFIA	67
CAPÍTULO VII		68
7.1	ANEXOS	68

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN.

El agua es un elemento esencial para la vida, sin ella el hombre no podría existir. Toda población o comunidad ha buscado asentamiento cerca de una fuente de agua.

Las fuentes de agua, aunque disponibles en mayor o menor cantidad, han sido contaminadas gradualmente y fueron las causantes de muchas epidemias que diezmaron ciudades enteras en la Antigüedad. El hombre tardó bastante tiempo en darse cuenta de que el agua que estaba consumiendo era la causante de muchas enfermedades que estaba padeciendo y solo a finales del siglo XVIII y principios del siglo XIX empezó a implementar procesos para tratar y desinfectar el agua que consumía.

A medida que la humanidad continuó su desarrollo, las descargas de aguas residuales domésticas e industriales empezaron a contaminar los recursos hídricos, a deteriorar los ecosistemas, etc. Fue así como se hizo necesario implementar los sistemas de tratamientos de aguas (Ramírez, Calidad del agua, 2011).

Actualmente, la disponibilidad de agua en cantidad suficiente y de buena calidad es una de las principales necesidades de cualquier población por esta razón, la calidad del agua es la rama de la ingeniería que pretende:

Diagnosticar los problemas relacionados con la calidad del agua.

Relacionar los problemas de calidad con los diferentes usos deseables del agua.

Juzgar qué variables de calidad del agua se necesita controlar y los medios o recursos disponibles para hacerlo.

En la actualidad la captación que abastece el líquido vital al centro cantonal de Pablo Sexto es el río Namakin, la zona de la captación presenta estos procesos: degradación y pérdidas de zonas de recarga hídrica producto de actividades antrópicas que traen como resultado el aumento de los niveles de erosión, compactación, deforestación, y degradación; dando como resultado la disminución en la cobertura vegetal, la infiltración del agua, aumento de la escorrentía superficial y

disminución en la cantidad y calidad del agua de abastecimiento de Pablo Sexto que proviene de un acuífero subterráneo que abastece el vital líquido a las comunidades de la parte alta y media de la subcuenca (GADPs, 2015).

Llamamos agua potable, al agua que podemos consumir o beber sin que exista peligro para nuestra salud. El agua potable no debe contener sustancias o microorganismos que puedan provocar enfermedades o perjudicar nuestra salud (Rojas, 2009).

Por eso, antes de que el agua llegue a nuestras casas, es necesario que sea tratada en una planta potabilizadora. En estos lugares se limpia el agua y se trata hasta que está en condiciones adecuadas para el consumo humano.

Existen diferentes tipos de tratamiento que necesita el agua, depende en gran medida de la composición y calidad. Su tratamiento se basa fundamentalmente en dos procesos: eliminación física de partículas sólidas, principalmente minerales, materia orgánica y desinfección química para eliminar los microorganismos existentes (Rojas, 2009).

Pero incluso cuando se produce el tratamiento del agua, se tiene que controlar la calidad del agua tratada en los diferentes procesos del sistema, para evitar la transmisión de enfermedades como: el cólera, de la esquistosomiasis, diarreas disentería, tifoidea y hepatitis A, entre otras siendo las principales víctimas los niños. Para realizar el control y determinar la calidad del agua que está consumiendo la población se debe realizar análisis físico-químico, microbiológico y bacteriológico.

Cada país regula la calidad del agua de consumo humano estableciendo y exigiendo el cumplimiento de normas de calidad de agua segura y potable (Rojas, 2009).

Es por eso que se plantea esta investigación para realizar un estudio del funcionamiento de la planta de la cabecera cantonal de Pablo Sexto y poder determinar en qué condiciones se encuentra el agua que está consumiendo la población del cantón, a fin de proponer medidas que contribuyan a mantener una calidad de agua que se encuentre dentro de los parámetros establecidos por la normativa Ecuatoriana de agua para consumo humano, evitando de esta manera se presenten enfermedades por el consumo de agua, indicando que la Universidad Estatal Amazónica por medio de la vinculación, busca resolver problemas de la sociedad por lo que el GAD Pablo Sexto, ha solicitado se evalúe la eficiencia de la planta de potabilización.

1. PROBLEMA.

La planta de tratamiento de Agua potable de Pablo Sexto, no tiene una evaluación constante en la parte operacional, por tal motivo se debe verificar si cumple con la normativa vigente "INEN 1108-2014 y con el Tulsma-Libro VI-Anexo 1 calidad de agua.

2. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.

Si la planta de tratamiento del cantón Pablo Sexto fuera evaluada constantemente cumpliera con la normativa vigente, se entregaría a los entes decidores mejor calidad de agua.

1. OBJETIVOS.

1. OBJETIVO GENERAL.

Evaluar el proceso de potabilización de agua del Cantón Pablo Sexto en el año 2016.

2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.

1. Diagnóstico de la planta de potabilización de la ciudad de Pablo Sexto. (capacidades, bondades y deficiencias).
2. Determinar la calidad del agua entregada a los usuarios a través del análisis físico-químico y coliformes totales.
3. Simular mediante el software EPANET la calidad de agua que se entregará a los usuarios del servicio de agua potable en tres puntos del Cantón Pablo Sexto.
4. Diseño de propuesta para el mejoramiento de la planta de potabilización mediante la implementación de un pozo de grueso y un tamiz estático, para época de lluvias por incremento de sólidos.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.

2.1 Características climatológicas.

Clima.- Se denomina clima al conjunto de situaciones que determinan el estado medio atmosférico en una determinada zona, y durante un período de tiempo preestablecido. La altura sobre el nivel del mar, latitud, lluvias y corrientes marinas son algunos de los factores que inciden en el clima de una región durante un lapso aproximado de 30 años.

Presenta una altitud entre 1000 a 1200 m.s.n.m con temperatura promedio de 18 y los 24 C°, con humedad relativa promedio del 86% - 89 %. El clima muy variado que va desde muy húmedo, sub húmedo templado hasta muy húmedo tropical (GADPs, 2015).

2.2 Cuencas hídricas.

Rio Namakim.

Este río atraviesa los territorios de varias comunidades, Kunkup, Yamanunka, Shawi, Sangay, etc. Tiene partes rápidas, no es muy caudaloso, y posee varias piscinas naturales, sus aguas son claras, no tiene muchas playas, sus bordes están rodeados de una vegetación espesa, no haciendo posible el fácil ingreso de corrientes. Este río desemboca como muchos otros alimenta al Río Palora lo que le permite ser el más grande y caudaloso (GADPs, 2015).

2.3 Partes de la planta potabilizadora.

Captación.- El agua proviene del rio Namakim, está expuesta a la incorporación de materiales y microorganismos requiriendo un proceso más complejo para su tratamiento (GADPs, 2015).

Conducción.- Un sistema de aducción se caracteriza por contener un conjunto de elementos que ser tuberías, que transportan el agua desde el punto de captación hasta un tanque de almacenamiento o planta de tratamiento (GADPs, 2015).

Aireación.- La etapa de aeración dentro del tratamiento de agua tiene gran importancia debido a 3 razones fundamentales:

1. Para introducir oxígeno del aire
2. Para eliminar gases disueltos (bióxido de carbono y ácido sulfhídrico)
3. Para eliminar las sustancias volátiles causantes de olor y sabor

La aireación puede llevarse a cabo por métodos muy diversos. Se ha encontrado que el más eficaz consiste en usar aspersores por medio de los cuales el agua se pulveriza en la atmósfera, hasta formar una neblina o gotas muy pequeñas. Otros métodos consiste en descarga el agua por una tubería elevada que la lleve a una serie de arquetas de las que caiga el agua, a través de pequeños agujeros del fondo o derramándose por los bordes (Limusa, 2000).

Sedimentación.- La sedimentación es un proceso de tratamiento en el que las partículas en suspensión, como flóculos, la arena y la arcilla se elimina del agua, mediante la fuerza de gravedad (Guerrero, 2000).

En esta planta utilizan lo que es la sedimentación simple, donde se describe como un tratamiento primario que permite la reducción de la carga de los sólidos sedimentables.

Filtración.- La filtración es la separación de una mezcla de sólidos y fluidos que incluye el paso de la mayor parte del fluido a través de un medio poroso, que retiene la mayor parte de las partículas sólidas contenidas en la mezcla (Guerrero, 2000).

Desinfección.- La desinfección significa una disminución de la población de bacterias hasta una concentración inocua, en contraste con la esterilización en la cual se efectúa una destrucción total de la población bacteriana.

Los métodos de desinfección pueden ser físicos o químicos. Entre los métodos químicos

1. La adición de ozono y más comúnmente,
2. El cloro y sus derivados

La cloración del cloro se inicia donde el cilindro se conecta al clorador, o al múltiple de suministro de cloro si se conecta más de un cilindro. El sistema de dosificación termina en el punto en que la solución de cloro se mezcla con el agua que va a ser desinfectada.

Los componentes básicos del sistema de dosificación son:

1. Báscula
2. Válvulas y tuberías
3. Clorador
4. Inyector o eyector y difusor

La báscula permite registrar la cantidad de cloro usada en la desinfección y la cantidad remanente en el cilindro. Las válvulas y tuberías, las cuales deben satisfacer los requerimientos del Instituto del cloro, permiten hacer las conexiones necesarias para conducir el cloro al sitio de dosificación y para regular o suspender el suministro.

Es esta etapa donde se debe poner mayor cuidado ya que una falla en el sistema de cloración puede ocasionar interrupción en la desinfección o disminuir su eficiencia.

La capacidad de las estaciones de cloración depende de una serie de factores entre los cuales deben considerarse los siguientes:

1. Demanda de cloro
2. Dosis de cloro que se necesite para la desinfección
3. Punto de aplicación del cloro

La demanda debe determinarse en el laboratorio para poder conocer el consumo de cloro que produce el agua durante los diferentes periodos del año. Esta demanda varía de acuerdo con la contaminación de la fuente, del contenido de materia orgánica de la misma y de otros factores que se analizaron a su debido tiempo.

Para conocer la dosis necesaria debe considerarse varios aspectos como tiempo de contacto, si la desinfección será pre cloración o pos cloración (Arboleda, 2000).

Transporte, Bombeo Y Almacenamiento De Fluidos.- La necesidad de transportar fluidos de un punto a otro, a través de tuberías y de tubos con sección transversal circular, sea cual sea la forma de transporte nos conlleva a la obligación de diseñar sistemas para lograr este objetivo siempre buscando la optimización (Guerrero, 2000).

2.4 Parámetros e Indicadores De La Calidad De Agua Potable.

1. Olor.

También es algo que depende de la descomposición de material biológico. El olor del agua purificada también tiene aspectos de cloro (EUMED, 2013).

2. Color.

El color del agua depende exclusivamente del tipo de sustancias que tiene. Es decir la presencia de ciertas sustancias más que otras determinan el color del agua.

Normalmente el agua que consideramos potable, es aquella que presenta un color transparente o blanco, esto debe a la presencia del cloro, sustancia que ayuda a eliminar las bacterias que no son benéficas para el consumo del hombre y de los animales (EUMED, 2013).

3. Sabor.

El sabor del agua también es algo que depende la presencia de sustancias y de bacterias. También es verdad que el agua potable tiene un sabor a cloro. Con el tiempo las personas estamos habituadas a este tipo de sabor, por lo que consideramos que es algo normal propio del agua (EUMED, 2013).

4. Turbidez.

Es el grado de dificultad que posee el agua para transmitir la luz a través de ella esto puede estar dado por materia insoluble en suspensión, materia coloidal o muy fina. Son difíciles de decantar y filtrar, y pueden dar lugar a la formación de depósitos en los sistemas de conducción del agua, equipos de proceso, etc. (EUMED, 2013).

Las unidades de medición son: Unidad nefelometría (NTU o UNF) la unidad de Jackson (JTU) y la unidad de formalina (FTU).

La turbidez se elimina mediante procesos de coagulación, decantación y filtración.

Actualmente la turbiedad es regulada luego del proceso de producción del agua potable, su límite máximo previo a la distribución final es de 2 NTU, norma asociada a los requisitos que deben cumplir las Aguas para consumo humano (EUMED, 2013).

5. Temperatura.

La temperatura es una propiedad de la materia que está relacionada con la sensación de calor o frío que se siente en contacto con ella. Cuando tocamos un cuerpo que está a menos temperatura que el nuestro sentimos una sensación de frío, y al revés de calor. Sin embargo, aunque tengan una estrecha relación, no debemos confundir la temperatura, se ponen en contacto, se produce una transferencia de energía, en forma de calor, desde el cuerpo caliente al frío, esto ocurre hasta que las temperaturas de ambos cuerpos se igualan (EUMED, 2013).

En este sentido, la temperatura es un indicador de la dirección que toma la energía en su tránsito de unos cuerpos a otros.

El instrumento para habitualmente para medirla temperatura es el termómetro.

Actualmente se utilizan tres escalas para medir la temperatura, la escala Celsius es la que estamos acostumbrados a usar, la Fahrenheit se usa en los países anglosajones y a la escala Kelvin uso científico (Guerrero, 2000).

6. PH.

El pH es la medida de la concentración de iones hidrógenos, y se define como:

$$\text{PH: } \log (1/\text{H}^+)$$

Es una medida de la naturaleza acida o alcalina de la solución acuosa que puede afectar los usos específicos del agua (EUMED, 2013).

El pH se puede corregir por neutralización ya sea del tipo ácida o alcalina.

7. Conductividad eléctrica.

La conductividad eléctrica refleja la capacidad del agua para conducir corriente eléctrica, y está directamente relacionada con la concentración de sales disueltas en el agua. Por lo tanto, la conductividad eléctrica está relacionada con el total de sólidos disueltos (TDS), la conversión del total de los sólidos disueltos a la conductividad eléctrica puede ser realizada mediante la siguiente relación (Smart fertilizer management, 2016).

$$\text{TDS (ppm)} = 0.64 \times \text{EC } (\mu\text{S/cm}) = 640 \times \text{EC (dS/m)}$$

Nótese que esta es una relación aproximada.

Las sales en el agua se disuelven en iones con carga positiva e iones con carga negativa, que conducen electricidad.

El agua destilada no contiene sales disueltas y, por lo tanto, no conduce la electricidad y tiene una conductividad eléctrica de cero. Sin embargo, cuando la concentración de las sales llega a un cierto nivel, la conductividad eléctrica ya no está directamente relacionada con la concentración de las sales en el agua (Smart fertilizer management, 2016).

8. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

En un cuerpo de agua se produce y a la vez se consume oxígeno. La producción de oxígeno está relacionada con la fotosíntesis, mientras el consumo dependerá de la respiración, descomposición de sustancias orgánicas y otras reacciones químicas. También puede intercambiarse oxígeno con la atmósfera por difusión o mezcla turbulenta. La concentración total de oxígeno disuelto (OD) dependerá del balance entre todos estos fenómenos. Si es consumido más oxígeno que el que se produce y capta en el sistema, el tenor de O₂ caerá, pudiendo alcanzar niveles por debajo de los necesarios para la vida de muchos organismos. Los peces son particularmente sensibles a la hipoxia bajas de oxígeno disuelto, (Goyenola, 2007).

Tabla 1. Rangos de concentración de oxígeno disuelto y consecuencias eco-sistémicas frecuentes.

OXIGENO DISUELTO mg/L	condicion	consecuencias
0	Anoxia	Muerte masiva de organismos aerobios.
0.5	Hipoxia	Desaparicion de organismos y especies sensibles.
5.8	Aceptable	(OD) adecuadas para la vida de
8.12	Buena	la gran mayoría de especies de peces y otros organismos acuaticos.
>12	Sobresaturada	Sistemas en plena produccion fotosintetica.

Fuente: GOYONELA, 2007.

Adpatacion: Jinson Martinez-Diego Fonseca.

1. Demanda química de oxígeno (DQO).

La demanda química de oxígeno, (DQO), del agua puede considerarse como una medida aproximada de la demanda teórica de oxígeno es decir la cantidad de oxígeno consumido para la oxidación total de los constituyentes orgánicos a productos inorgánicos (UNE77/004/89, 2010).

Tabla 2. Parámetros normalizados de calidad de agua.

BASARSE LOS PARAMETROS A CUMPLIR EN NORMATIVA INEN CALIDAD DE AGUA POTABLE TULAS REFORMA 28 FEBRERO 2014			
INEN 1108 ES DEL 2011 REVISEN SI EXISTE OTRA MAS ACTUALIZADA			
LABORATORIO UNIVERSIDAD:			
DURESA	NITRITOS	NITRATOS	DBO DQO
SOLIDOS DISUELTOS	SOLIDOS TOTALES	FOSFATOS	
LABORATORIO DE BIOLOGIA			
COLIFORMES FECALES	COLIFORMES TOTALES		
METALES PESADOS POR CONFIRMAR SI EXISTEN REACTIVOS			
ALUMINIO		PLOMO	
MULTIPARAMETRICO			
PH	TURBIEDAD	CONDUCTIVIDAD	TEMPERATURA
ARSENICO	COBRE	PLOMO	

Fuente: Elaborado por los autores, 2016.

2. Determinación De La Calidad Del Agua Potable.

Método físico-químico.-Significa que debe estar libre de microorganismos patógenos, de minerales y sustancias orgánicas que puedan producir efectos fisiológicos adversos. Debe ser estéticamente aceptable y, por lo tanto, debe estar exenta de turbidez, color, olor y sabor desagradable. Puede ser ingerida o utilizada en el procesamiento de alimentos en cualquier cantidad, sin temor por efectos adversos sobre la salud (EMAPA, 2015).

Método biológico.-Se fundamenta en el estudio de las comunidades de animales y de plantas acuáticas. Dado que cada biocenosis o cada comunidad responden a las condiciones físico-químicas del medio en que vive, cualquier alteración en estas induce cambios que se manifiestan en la sustitución de unas especies por otras, o por la variación del número y proporción de cada una de ellas. Por lo tanto, la caracterización biológica del agua parte de la determinación del grado de la condición biológica de la misma cuando se introducen sustancias tóxicas, materia orgánica que pueda descomponerse, o cualquier forma de energía (Seoanez, 2003).

Evaluación biológica.-Los compuestos orgánicos son destruidos por los compondores (mineralización); los productos intermedios y finales pueden ser utilizados por los consumidores y por los productores primarios. De esta manera, los productos añadidos se incorporan a través de los organismos al metabolismo de las aguas. El proceso descrito, en el que también intervienen fenómenos de absorción en el sedimento, se denomina autodepuración. El proceso de autodepuración esta, pues, relacionado con los organismos, hasta los productores primarios, portadores de clorofila (Seoanez, 2003).

Determinación de nitritos.-Según el origen de las aguas, su contenido en nitrito varia, y el método utilizado para su determinación es distinto. Así, para aguas con contenido en NO_2 superior a 50 mg/l se emplea el método del reactivo de Zambelli. Para contenidos inferiores a 50mg/l el método de la Sulfanilamida presenta mayor sensibilidad. (Seoanez, 2003).

2.5 Determinación De Caudal Mediante El Molinete Hidráulico.

Molinete o Medidor de flujo, son instrumentos de alta precisión de velocidad., para medirlos flujos en canales abiertos y cañerías parcialmente llenas, consiste en una hélice acoplada a una sonda extensible con una pantalla de lectura digital. Se utiliza, principalmente, para medir el flujo del agua en ríos, arroyos, aguas pluviales, aguas residuales, aguas de procesos industriales y el control de velocidad en las zanjas y canales (Martinez, 2015).

El molinete hidráulico es bueno para chequear la velocidad del flujo en aplicaciones de canal abierto, con un rango de flujo 0.3 a 25 ft/s. en el molinete hidráulico posee un sensor de flujo, de una alta exactitud para la medición de la velocidad del flujo, en un gran número de diferentes situaciones.

La protección del turbo-prop sensor, está unida a un display digital, el cual incorpora un pre mediador de velocidad para la mayoría de las mediciones de gran exactitud. El molinete hidráulico puede calcular en base de la velocidad de flujo en un canal, cañería, el telescopio tiene 2 medidas disponibles, permite hacer la medición del flujo fácil en cualquier lugar.

Se usa para mediciones en esteros, ríos, lagos, cursos de agua, estudios de infiltración y muchas otras aplicaciones. (Martinez, 2015)

3. Aforo con molinete.

En cuanto a la medición del volumen de los caudales y análisis del agua, se realizó mediante el método del molinete hidráulico, como también aplicando la fórmula de King ($Q = 1,38H^{5/2}$ para vertederos en V y $Q = 1,84(L - 0,2H) H^{3/2}$ para vertederos rectangulares), metodología proporcionada por el Ministerio de Agricultura. Instituto de Investigaciones Agropecuarias; los aforos y el método aplicado se hicieron dependiendo del sitio y forma del cauce de la unidad hídrica. Respecto al análisis de agua, es necesario indicar que este parámetro se lo determinó a nivel de agua cruda, muestra tomada previo a la captación y usando el reactivo “coliscan”, se determinó la contaminación del agua cruda, provocada por coliformes fecales animales y/o humanos y reflejada por el número de colonias infestadas. Para su interpretación y análisis se basó en los contenidos del TULSMA (NCI, 2013).

Tabla 3. Caudal medido en el rio Namakim por medio de Molinete Hidráulico.

Caudal Total Aforado en el Rio Namakim sector Pablo Sexto	(m³/s)	0,26
	(Litros/s)	258,63

Fuente: Elaborado por los autores, 2016.

2.6 Legislación Y Normativa De La Calidad De Agua.

1. TUISMA Libro VI.

La presente norma técnica ambiental es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional (MAE, 2014).

La presente norma técnica determina o establece:

- a) Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado;
- b) Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos; y,
- c) Métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua.

La norma tiene como objetivo la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, en lo relativo al recurso agua.

El objetivo principal de la presente norma es proteger la calidad del recurso agua para salvaguardar y preservar la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general.

Las acciones tendientes a preservar, conservar o recuperar la calidad del recurso agua deberán realizarse en los términos de la presente Norma.

Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el agua potable, en la Normativa Ecuatoriana TUISMA libro VI de calidad Ambiental, para consumo humano, Para el propósito de esta norma se consideran las definiciones establecidas en el Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental (MAE, 2014).

Campo de aplicación.

Esta norma se aplica al agua potable de los sistemas de abastecimiento públicos y privados a través de redes de distribución y tanqueros (MAE, 2014).

Esta Norma se aplica durante la captación de la misma y se refiere a las aguas para consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieran de tratamiento convencional, deberán cumplir con los siguientes criterios.

Tabla 4. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional.

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible
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
Temperatura		°C	Condición Natural + o – 3 grados
	PH		
Turbiedad		UTN	100

Fuente: TUISMA, 2014.

1. Normas INEN 1108.

Para efectos de esta norma se adoptan las siguientes definiciones:

2. **Agua potable.** Es el agua cuyas características físicas, químicas microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano (NTE INEN 1108, 2014).
3. **Agua cruda.** Es el agua que se encuentra en la naturaleza y que no ha recibido ningún tratamiento para modificar sus características: físicas, químicas o microbiológicas.
4. **Límite máximo permitido.** Representa un requisito de calidad del agua potable que fija dentro del ámbito del conocimiento científico y tecnológico del momento un límite sobre el cual el agua deja de ser apta para consumo humano. Para la verificación del cumplimiento, los resultados se deben analizar con el mismo número de cifras significativas establecidas en

los requisitos de esta norma y aplicando las reglas para redondear números, (NTE INEN 1108, 2014).

5. **Ufc/ml.** Concentración de microorganismos por mililitro, expresada en unidades formadoras de colonias.
6. **NMP.** Forma de expresión de parámetros microbiológicos, número más probable, cuando se aplica la técnica de los tubos múltiples.
7. **Mg/l.** (miligramos por litro), unidades de concentración de parámetros físico químicos. 4.1.7
8. **Microorganismo patógeno.** Son los causantes potenciales de enfermedades para el ser humano.
9. **Desinfección.** Proceso de tratamiento que elimina o reduce el riesgo de enfermedad que pueden presentar los agentes microbianos patógenos, constituye una medida preventiva esencial para la salud pública (NTE INEN 1108, 2014).
10. **Subproductos de desinfección.** Productos que se generan al aplicar el desinfectante al agua, especialmente en presencia de sustancias húmicas.
11. **Cloro residual.** Cloro remanente en el agua luego de al menos 30 minutos de contacto. Sistema de abastecimiento de agua potable. El sistema incluye las obras y trabajos auxiliares construidos para la captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y sistema de distribución.
12. **Sistema de distribución.** Comprende las obras y trabajos auxiliares construidos desde la salida de la planta de tratamiento hasta la acometida domiciliaria (NTE INEN 1108, 2014).

Requisitos.

Los sistemas de abastecimiento de agua potable deberían acogerse al Reglamento de Buenas Prácticas de Manufactura (producción) del Ministerio de Salud Pública.

Tabla 5. Características físicas, sustancias inorgánicas.

PARAMETRO	UNIDAD	Límite Máximo permitido
Características físicas		
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	---	no objetable
Sabor	---	no objetable
Inorgánicos		
Cobre, Cu	mg/l	2,0
Cromo, Cr (cromo total)	mg/l	0,05
Nitratos	mg/l	50
Nitritos, NO ⁻	mg/l	3,0

Fuente: Normas INEN 1108.

1. Epanet.

Características del modelo de calidad de agua.

EPANET tiene las siguientes capacidades en la modelación de la calidad del agua.

1. Realiza el seguimiento en el tiempo de sustancias no reactivas que se encuentran en la red.
2. Modela el comportamiento de un material reactivo tanto si aumenta su concentración como si se disipa a lo largo del tiempo.

3. Modela la edad del agua a lo largo de la red.
4. Realiza el seguimiento de una porción de fluido desde un nudo dado a través de todos los demás a lo largo del tiempo.
5. Modela reacciones en el seno del fluido y en la capa de la pared de la tubería.
6. Utiliza ecuaciones cinéticas polinómicas para modelar las reacciones en el seno del flujo.
7. Utiliza coeficientes y ecuaciones lineales para modelar las reacciones en la pared de la tubería.
8. Tiene en cuenta las limitaciones derivadas de aplicar la conservación de la masa en la modelación de las reacciones de la pared de tubería.
9. Permite el crecimiento o descenso de la reacción hasta una concentración límite.
10. Emplea coeficientes generales en las reacciones que pueden ser modificados tubería a tubería.
11. Permite que los coeficientes de las reacciones de pared sean correlativos con la rugosidad de la tubería.
12. Permite a lo largo del tiempo entradas de concentración o masa en cualquier punto de la instalación.
13. Modela los depósitos de tres formas: de mezcla completa, de flujo en pistón, o con dos compartimentos de mezcla (EPANET, 2016).

Gracias a todas estas características, EPANET puede estudiar cualquier fenómeno de calidad del agua, tales como:

1. Mezclado de aguas de diferentes fuentes.
2. Disminución del cloro residual.
3. Crecimiento de los subproductos de desinfección.
4. Seguimiento de posibles situaciones de propagación de la contaminación.

CAPÍTULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN.

3.1 Localización.

Para la realización del siguiente trabajo se plantea las siguientes etapas y actividades generales:

1. Tipo de investigación.

El estudio de investigación se desarrollará mediante método observatorio y analítico representando los resultados de los parámetros Físico-Químico ex-situ y Microbiológicos ex-situ en los laboratorios de la Universidad Estatal Amazónica, mediante varios análisis se evaluará capacidades, bondades, y deficiencias de la planta de potabilización, además con la toma de muestras y sus respectivos análisis Físico-Químicos y microbiológico de agua, se determinará la calidad de agua entregada a los usuarios de Pablo Sexto y mediante una simulación de un software EPANET se estimara las cantidades adecuadas de cloro gas que se debe añadir en la red de distribución para la entrega efectiva de una buena calidad de agua.

2. Ubicación.

La zona de estudio se ubica en el Cantón Pablo Sexto mismo que se encuentra localizado en la zona noroeste de la Provincia de Morona Santiago y su cabecera cantonal a 58 Km. de la ciudad de Macas, 6 km de la ciudad de Huamboya y a 17 km de la troncal amazónica.

Ubicada en una planicie de características regulares, lo que ha facilitado que se produzca un trazado ortogonal del área urbana; la mayoría de su territorio está dentro del Parque Nacional Sangay, este

factor es determinante en la administración de sus recursos naturales y culturales, pues justamente la abundancia de su biodiversidad ha incidido en la declaratoria de esta área protegida. El Cantón Pablo Sexto tiene una extensión aproximada de 1.392.72 kilómetros cuadrados.

Pablo Sexto es uno de los doce cantones de la provincia de Morona Santiago, administrativamente está conformado por una sola parroquia la misma que abarca las comunidades urbanas y rurales del cantón, el área de estudio abarca las captaciones que abastecen del líquido vital a la cabecera cantonal de Pablo Sexto y a las 8 comunidades las cuales indicamos a continuación

1. Sangay.
2. Santa Inés.
3. Shawi.
4. Sintinis.
5. El Rosario (VIII Cooperativa).
6. Kunamp.
7. Kunkup.
1. Yamanunka.

2. Población.

Según los datos levantados en el último Censo de Población y Vivienda del Instituto Nacional de Estadística y Censos(INEC – 2010), el cantón Pablo Sexto al año 2010 tiene una población de 716 habitantes, de los cuales 441 son hombres que equivalen al 51.62% y 275 son mujeres, es decir, 48.38% del total. Tiene una elevada tasa de crecimiento poblacional con respecto a la cabecera cantonal, con valor de 4.76%, por lo que su población proyectada al año 2016 es de 946 habitantes (GADPs, 2015).

3.2 Metodología Del Primer Objetivo.

Para cumplir con el objetivo, se realizará un Análisis de la infraestructura (capacidades, bondades y deficiencias), se evaluará el proceso de tratamiento de agua mediante la aplicación de una inspección técnica a cada uno de los componentes de la planta de potabilización.

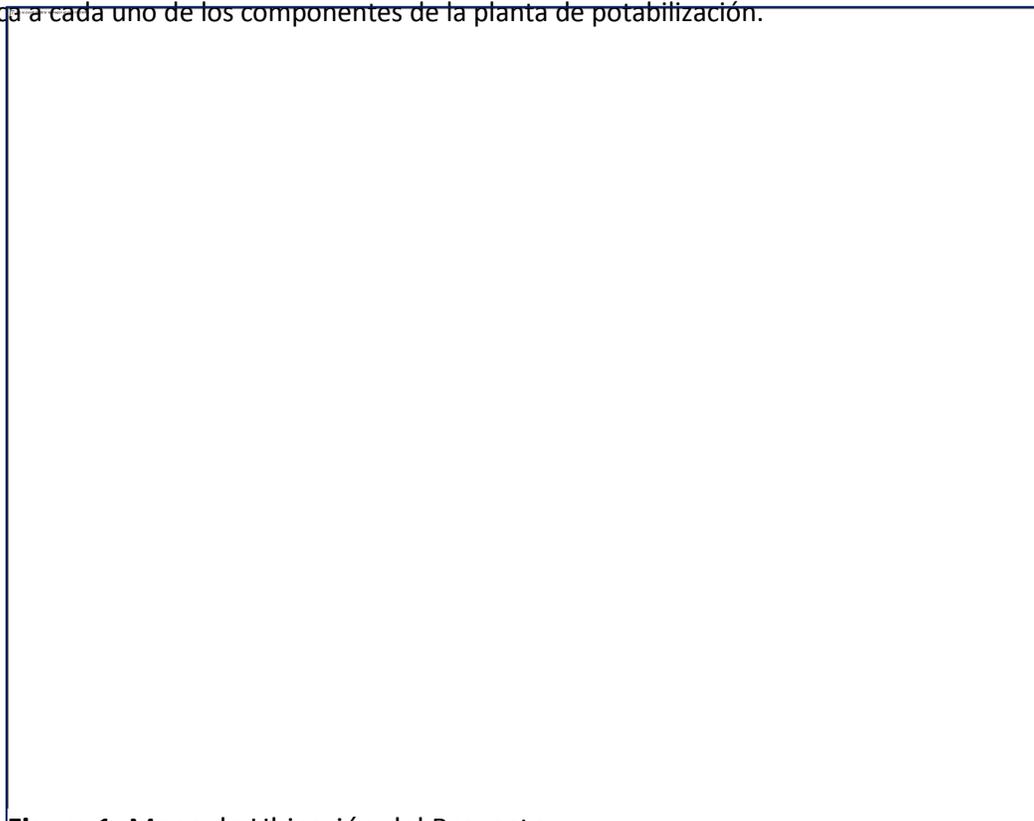


Figura 1. Mapa de Ubicación del Proyecto.

Fuente: CONALI 2014 – MAE- SIN – GADMPS.

Adaptación: Jinson Martínez-Diego Fonseca.

3.3

Metodología

a Segundo Objetivo.

Para cumplir con el objetivo, determinar la calidad del agua entregada a los usuarios a través del análisis físico-químico y microbiológico.

Determinaremos la calidad de agua entregado a los usuarios, por medio de una recolección de muestras tomadas: en la captación, en la planta de tratamiento, y en la red domiciliaria, de la cabecera cantonal de Pablo Sexto, para realizar su debido análisis físico-químico, y microbiológico, que se realizaran en la Universidad Estatal Amazónica, para establecer parámetros de calidad para consumo humano, basándonos en la normativa vigente.

Tabla 6. Métodos, parámetros físicos básicos.

parametros	normativa	equipo
PH	4500 electrométrico Método Estándar 22nd Edición.	Multiparamétrico
CONDUCTIVIDAD	2510 b Método Estándar 22nd Edición.	Multiparamétrico
OXIGENO DISUELTO	4500/o membrana electrodo Método Estándar 22nd Edición.	Multiparamétrico
TURBIEDAD	2130 b nep electrométrico Método Estándar 22nd Edición.	Multiparamétrico
SOLIDOS TOTALES	2540 bMétodo Estándar 22nd Edición.	Estufa, capsulas de porcelana, balanza, disecador.
DBO ₅	5210 d respiro métrico Método Estándar 22nd Edición. Método simplificado se aplica cuando no hay contaminación.	Aparato BODTrak™

Fuente: Elaborado por los autores, 2016.

Tabla 7. Métodos, parámetros físicos-químicos.

parametros	normativa	equipo
ortofosfato	Método 8048 HACH aprobado por la USEPA	Espectrofotómetro
nitrito	Método 8171 dentro del rango no USEPA.	Espectrofotómetro
nitrito	Método 8507 aprobado por la USEPA.	Espectrofotómetro

cloro libre	Método 8021 aprobado por la USEPA.	Espectrofotómetro
cloro total	Método 8161.	Espectrofotómetro
romo	Método 8023 aprobado por la USEPA.	Espectrofotómetro
sulfato	Método 8051 aprobado por la USEPA.	Espectrofotómetro

Fuente: Elaborado por los autores, 2016.

Tabla 8. Métodos, parámetros físicos químicos métodos.

parametros	normativa	equipo
cobre	3030 e digestión ácido nítrico Método Estándar 22ND Edición.	Espectrofotómetro
zinc	3030 e digestión ácido nítrico Método Estándar 22ND Edición.	Espectrofotómetro
hierro total	MÉTODO 8008 APROBADO POR LA USEPA.	Espectrofotómetro

Fuente: Elaborado por los autores, 2016.

Tabla 9. Métodos, parámetros coliformes totales.

parametros	normativa	equipo
coliformes totales	Método Estándar 9221 C.	Laboratorio UNACH.

Fuente: Elaborado por los autores, 2016.

1. Metodología Del Tercer Objetivo.

Para cumplir con el tercer objetivo se realizara una simulación mediante el software EPANET la calidad de agua que se entregará a los usuarios del servicio de agua potable en tres puntos del Cantón Pablo Sexto.

A continuación se enumeran los pasos básicos a seguir en la utilización de EPANET para modelar un sistema de distribución de aguas (EPANET, 2016).

1. Para cumplir con el objetivo, de simulación mediante el software EPANET para predecir la calidad de agua que se entregará a los usuarios del servicio de agua potable en tres puntos del Cantón Pablo Sexto.
1. Dibuja una representación de la red del sistema de distribución o importa una descripción básica de la red de un fichero de texto.
2. Edita las propiedades de los objetos que conforman el sistema.
3. Determina las opciones de análisis.
4. Inicia un análisis hidráulico o de calidad de agua.
5. Obtener los resultados del análisis.
6. EPANET caracteriza los diferentes dispositivos que constituyen un sistema de distribución de agua. Toda la información acerca de cómo se comportan éstos elementos físicos además de información adicional de modelización, tales como variaciones temporales y parámetros de control, se encuentra recogida en éste capítulo. Además también se resume cómo se modelizan numéricamente los sistemas hidráulicos y los análisis de calidad del agua.
7. Describe cómo podemos construir el modelo de un sistema de distribución con EPANET. Se muestra cómo crear los diferentes dispositivos físicos (tuberías, bombas, válvulas, conexiones, tanques, etc.) que conforman el sistema, cómo editar las propiedades de éstos dispositivos, y cómo implementar las demandas y cambios de operación de éstos sistemas a lo largo del tiempo.
8. Muestra cómo realizar el análisis hidráulico o de calidad del agua del modelo de la red. Describe diferentes opciones a la hora de realizar los análisis y se explican diferentes soluciones a los problemas tipo que pueden aparecer al examinar los resultados de la simulación.

9. Explica cómo EPANET puede importar y exportar Escenarios. Un Escenario es un conjunto de datos que caracteriza las condiciones actuales bajo las cuales el sistema de distribución es analizado (por ejemplo, demandas de los consumos, condiciones de funcionamiento, coeficientes de reacción de la calidad del agua, etc.). También se explica cómo guardar toda la información contenida en el Proyecto en un archivo de texto y cómo exportar el plano de red en diferentes formatos.

1. Metodología Del Cuarto Objetivo.

Para cumplir con el cuarto objetivo de proponer el mejoramiento de la planta de potabilización se elaborará una propuesta técnica en base a las deficiencias encontradas en el primer objetivo lo que servirá para el mejoramiento del proceso de la planta de potabilización.

2. RECURSOS HUMANOS, MATERIALES Y EQUIPOS.

RECURSOS HUMANOS.

1. Asesor del proyecto de investigación Dr. Alberto Vélez.
2. Dos estudiantes de la carrera de Ing. Ambiental.
3. GAD Municipal de Pablo Sexto.
4. Naturaleza y Cultura Internacional.
5. Ing. Augusto Flores.
6. Guía encargado del GAD municipal Pablo Sexto (Antonio).
7. Asesor del laboratorio Ing. Jorge Reyes.

MATERIALES.

1. FRASCOS.

2. ETIQUETAS.
3. ESFEROS.
4. REACTIVOS.
5. CUBETAS.
6. CINTA METRICA.
7. REGLETA.
8. CUBREOBJETOS.
9. PIPETA.
10. AGENDA.
11. ESFEROS.
12. VASO DE PRECIPITACION.
13. TUBOS DE ENSAYO.
14. GRADLLA.
15. CAJA PETRI.
16. TERMOMETRO.

EQUIPOS.

17. MOLINETE.
18. CULER.
19. MULTIPARAMETRICO.
20. SOFTWARE EPANET.

21. GPS.
22. ESPECTOFOTOMETRO.
23. ESPECTOFOTOMETRO POR ABSORCION ATOMICA.
24. ESTUFA.
25. APARATO BODTRAK™.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION.

4.1 ANALISIS DE INFRAESTRUCTURA.

La planta de potabilización de la ciudad de Pablo Sexto consta de los siguientes

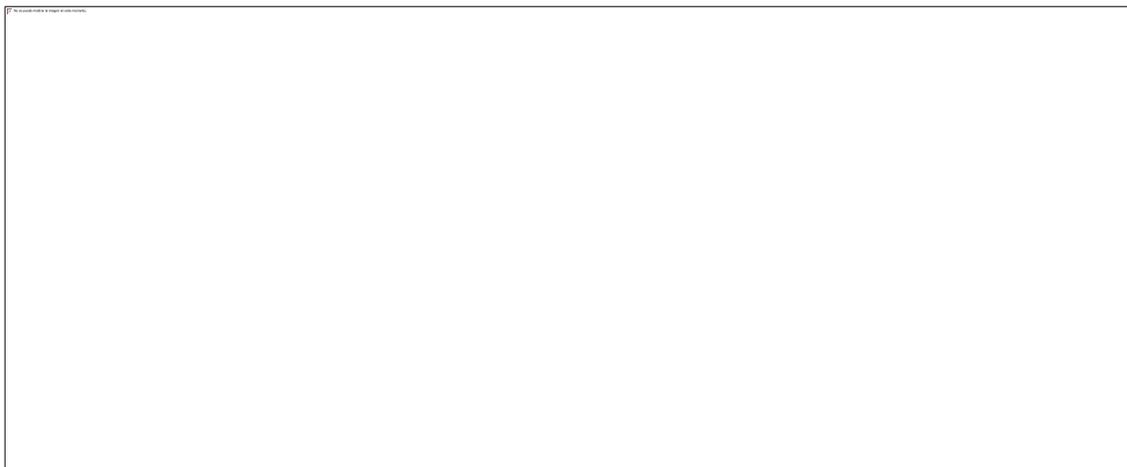


Figura 2. Zona de captación. Rejillas

Adaptacion: Jinson Martinez-Diego fonseca

La captación se encuentra a 1163.24m sobre el nivel del mar, la obra de toma está protegida aguas arriba de las dos quebradas aportantes con sendos muros de gaviones, que retienen los materiales arrastrados por eventuales crecientes como árboles, piedras, animales muertos, etc., que además cumple la función de un destripador y retiene material flotante como hojas o hierbas. Los muros forman un embalse con una capacidad máxima de 39 m³. Necesitan de reparación y limpieza.

La obra de toma es del tipo caucasiana, formada por:

1. Muros de protección y encausamiento de H. Ciclópeo de aproximadamente 10 metros de longitud
2. Un azud macizo de 1 metro de altura y 1.90 de largo, sobre el cual vierte el agua., el muro de encausamiento y el azud forman un vertedero de 0.70 m. de altura.
3. Una rejilla de fondo metálica de 0.25 m. de ancho y 0.80 m. de largo. Que capta el recurso hídrico.
4. Una compuerta metálica con volante al costado izquierdo del azud, que permite la limpieza de los sedimentos depositados en el fondo del azul.

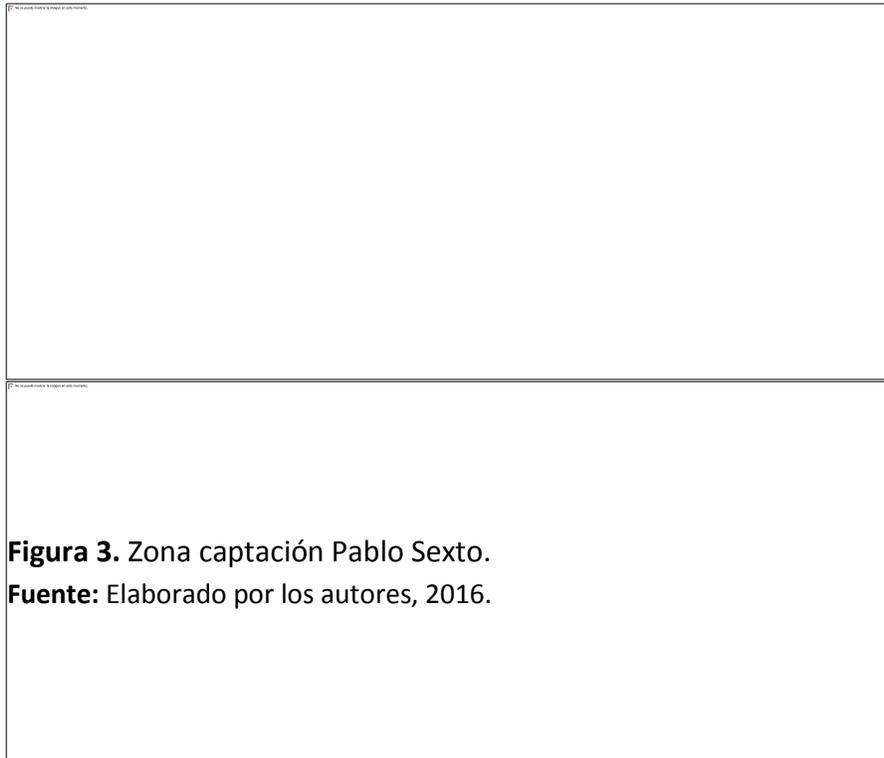


Figura 3. Zona captación Pablo Sexto.

Fuente: Elaborado por los autores, 2016.

La rejilla
agua pasa

Problema.-
metálica el
a dos

cajones recolectores pertenecientes a los sistemas de agua potable de Huamboya y Pablo Sexto. La recolección no cuenta con estructuras de retención de sedimentos y limpieza y regulador de caudales

En la captación la obra de toma está protegida aguas arriba de las dos quebradas aportantes con sendos muros de gaviones que no están parcialmente en buenas condiciones, y en mal tiempo es probable que no retenga los materiales arrastrados por eventuales crecientes como árboles, piedras, animales muertos, etc., que además cumple la función de un destripador y retiene material flotante como hojas o hierbas. Los muros forman un embalse con una capacidad máxima de 39 m³. Necesitan de reparación y limpieza y mantenimiento operacional constante.

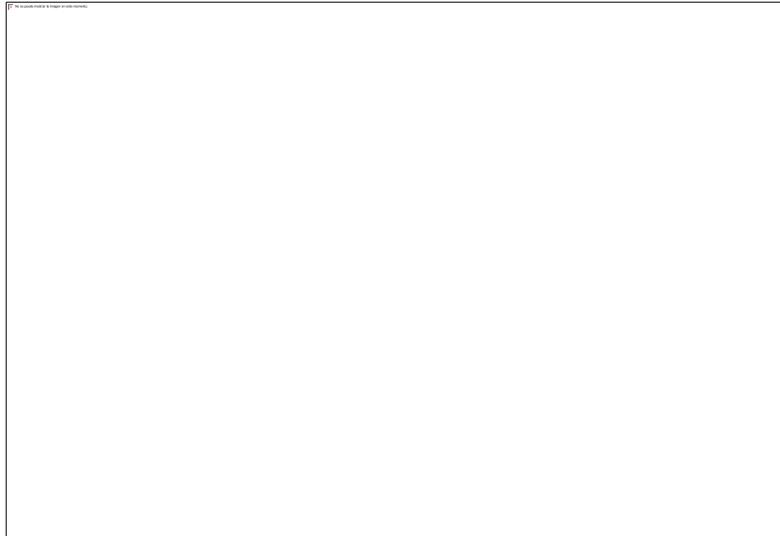


Figura 4. Zona aireador planta potabilizadora.

Adaptación: Jinson Martínez-Diego Fonseca.

Están diseñados para agregar oxígeno al agua en el proceso de tratamiento de agua, tiene una altura de 4,87 m, la altura de caída de agua de canasta a canasta es de 0,50 cm, cada canasta mide 0.23cm de altura, con una anchura de 1,55m.

Problema.-

hacer un cambio de
diferente material

Actualmente se necesita
canastas, que sea de
el cual no tenga óxido.



Figura 5. Zona Sedimentador planta potabilizadora.

Fuente: Elaborado por los autores.

Sedimentador.-Actualmente se cuenta con un Sedimentador el cual tiene las dimensiones de 11,82m de largo y de ancho 2,57m.

Problema.- El sedimentador actualmente no abastece en almacenamiento en época de lluvia, visto que en mal tiempo se desborda y la alternativa de los encargados de la planta es enviar directamente el líquido vital sin cumplir este proceso de sedimentación.

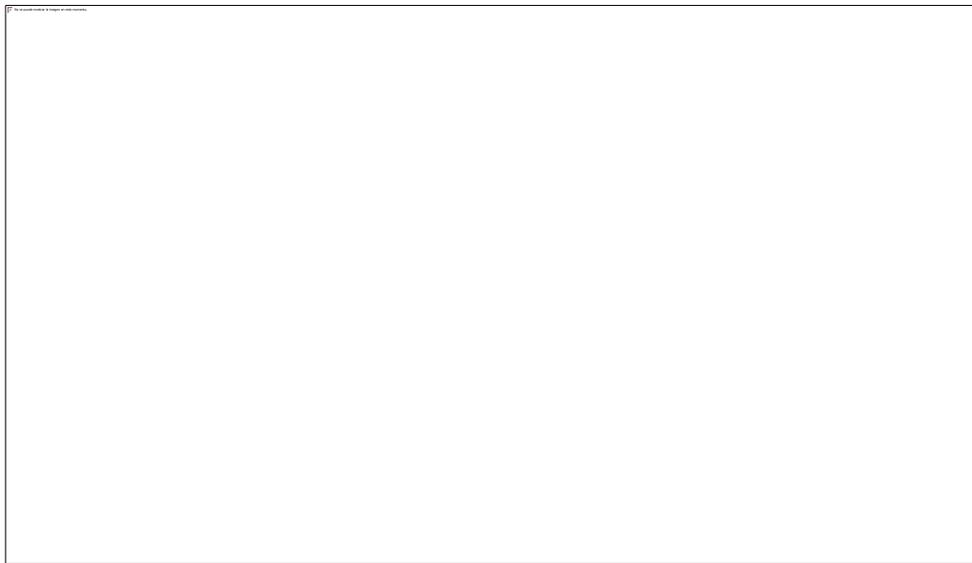


Figura 6. Zona tanques de filtro planta potabilizadora.

Adaptación: Jinson Martínez-Diego Fonseca.

El agua cruda proveniente de la captación está sometida a un tratamiento biológico mediante un proceso de filtración lenta descendente con dos tanques de ferro cemento de $D = 2.86 \text{ m}$; y para una rata o velocidad de filtración de $3.5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{día}$, el máximo caudal de operación para que el tratamiento sea eficiente es de 0.52 L/s , para las dos unidades. Muy inferior al entrante (6.02 L/s)

Problema.- Debería ponerse en funcionamiento el tanque de lavado de material filtrante, ya que la gravita y la grava gruesa se encuentra a la intemperie.

Que no abastece a toda la planta en épocas de lluvia.

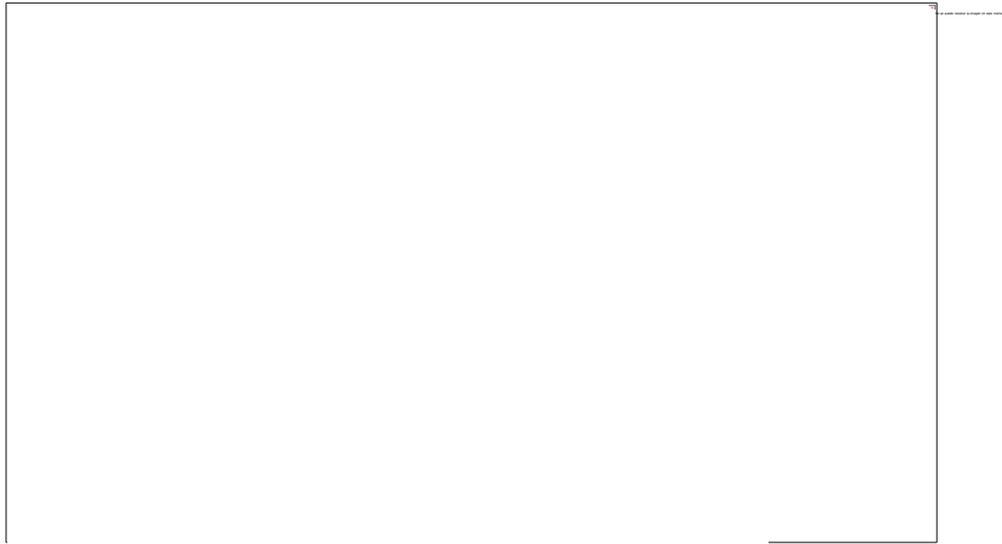


Figura 7. Caseta de cloración planta potabilizadora

Fuente: Elaborada por los autores

En la parte operativa
contingencia donde

deberían tener un plan de
tengan otro tanque de

cloro gas, para poder sustituirlo al que se termina ya que es una medida en el plano operacional par

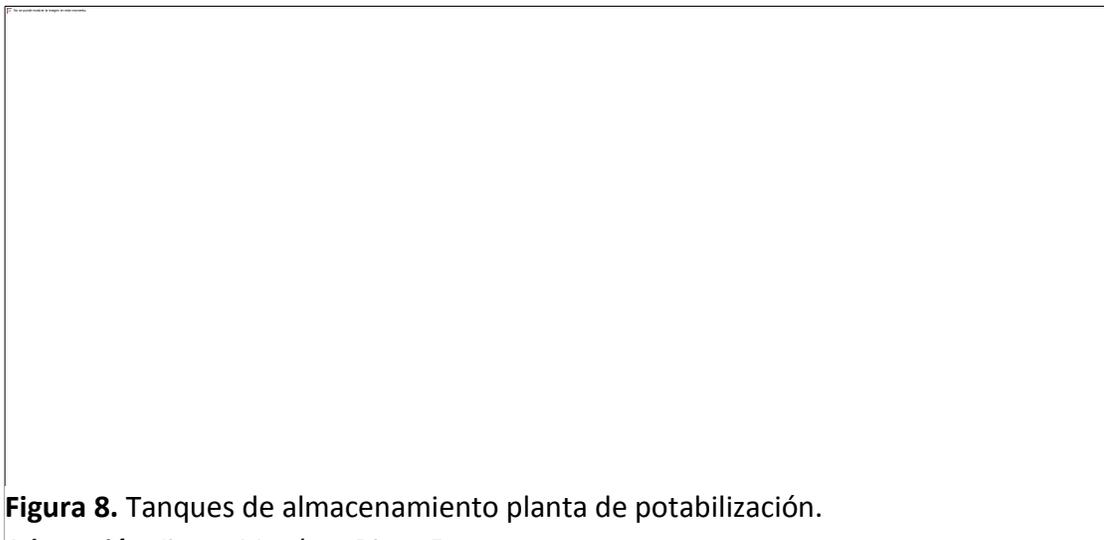


Figura 8. Tanques de almacenamiento planta de potabilización.

Adaptación: Jinson Martínez-Diego Fonseca

que el suministro de agua llegue con su desinfección adecuada.

El volumen de los tres tanques de almacenamiento es de 150 m^3 con una altura de 3,10m con un diámetro de 5,97m.

Problema.- No existe el mantenimiento adecuado ya que existe una fisura en uno de ellos, también el tanque debe tener una escalera adecuada para preservar la seguridad de las personas que se van a dedicar al mantenimiento.

Tabla 10. Tabla de caudales del 2011 y 2016 captación y planta.

Parámetro	Caudal	Captación	Planta	Unidad
Caudal	5.6	258.63	2.5	L/s

Fuente: Elaborado por los autores.

Garantías operacionales

Para garantizar las operaciones de funcionamiento se debe considerar los siguientes puntos:

1. Mantenimiento y distribución, con seguridad y sin necesidad de interrumpir el servicio.
2. Seguridad en el trabajo.
3. Habitación independiente para telecomunicaciones, en su caso, y equipos eléctricos.
4. Habitación independiente para los equipos de limpieza, desinfección, accesorios, etc.
5. Habitación de maniobra hidráulica, donde se situarán entradas de agua, salidas, bypass, y los elementos de tomas de muestras (Muñoz, 2008).

Mantenimiento correctivo: Conjunto de actividades, recursos y ayudas destinados a reparar defectos y daños mayores para restablecer la producción normal de la planta de tratamiento. Entre los principales factores por considerar para un mantenimiento satisfactorio, se tienen los siguientes:

1. La responsabilidad del mantenimiento debe estar claramente definida y asignada a personal competente.
2. Los recursos financieros deben estar claramente definidos y asegurada su disponibilidad oportuna.
3. Se debe contar con el tipo y la cantidad de herramientas, repuestos y equipos apropiados para proveer el mantenimiento.
4. Todas las actividades de mantenimiento preventivo deben ser planeadas y programadas.

5. Debe existir un sistema de control y registro apropiado de las labores de mantenimiento (UNAD, 2013).

En este resultado apreciamos las capacidades, bondades y deficiencia en el diagnóstico evaluativo, podemos mencionar que (Muñoz, 2008) nos habla de las garantías operacionales de funcionamiento que debe cumplir una planta de potabilización y (UNAD, 2013) que debe existir un mantenimiento correctivo y satisfactorio de una planta de tratamiento.

Realizar un mantenimiento correctivo e implementar las garantías operacionales.

Implementar el sistema de tratamiento propuesto y las acciones recomendadas en este trabajo, a fin de dotar a la población del sector urbano de Pablo Sexto un agua potable de alta calidad que garantice beber un líquido seguro y libre de microorganismos patógenos, además se debe hacer una compra de un equipo básico, como es un Multiparamétrico para que puedan hacer un monitoreo de parámetros físicos básicos.

Adquirir el programa con el cual se está trabajando en el proyecto o uno de similares características para que se pueda trabajar con un mejor control, con los posibles encargados de la planta de potabilización.

Se debería impulsar y realizar nuevos estudios y/o proyectos en convenio con el municipio para el mejoramiento de la calidad como análisis de agua, control de calidad y actividades de capacitación, todas establecidas en el plan de manejo propuesto.

4.2 ANÁLISIS FÍSICOS-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS.

En las siguientes tablas referentes a los parámetros Físicos Básicos, se pudo estimar y hacer una comparación basándonos a la normativa vigente Criterios de Calidad de Fuentes de Agua que para consumo humano y doméstico requieren tratamiento convencional, se realizaron dos tomas de muestras en diferentes fechas (25-05-16)-(09-06-16), en tres puntos de muestreo: Captación, Planta y Distribución, los días fueron de óptimas condiciones.

Los análisis de los respectivos parámetros Físicos Básicos, Químicos y Metales; se lo realizaron de forma ex situ en los laboratorios de Agua de la Universidad Estatal Amazónica y Microbiológicos en el laboratorio de servicio ambiental de la UNACH, en el cual podemos observar los resultados presentados en las siguientes tablas.

Tabla 11. Resultados parámetros físicos del agua medidas en la captación, planta y distribución al público.

PARÁMETROS	CAPTACIÓN	PLANTA	DISTRIBUCIÓN	INEN 1108	TULSMA LIBRO VI-ANEXO 1 CALIDAD DE AGUA
PH	7.21	7.76	7.45	6.5-6.9	6-9
CONDUCTIVIDAD(us/cm)	33.18	32.22	32.42	-	-
OXIGENO DISUELTO(mg/L)	8.16	8.14	8.42	-80%	-80%
TURBIEDAD(NTU)	0.43	0.19	0.17	5	10
SOLIDOS TOTALES(ppm)	75	73	77	1000	50
Fuente: Elaborado por los autores.	5)	-	-	-	<2

1. PH.

Los valores de temperatura para los análisis de las tres muestras oscilaron entre 22°C.

Periodo comprendido entre 25-05-16 y 09-06-16, los valores de PH para las tres muestras analizadas se pudo obtener los siguientes valores: en la captación (7.21), planta (7.76) y distribución (7.45), realizado por medio de análisis ex – situ, estando los días en óptimas condiciones. Rango permisibles de las normativas legales de calidad de agua. INEN(6 – 9)-TULSMA(6.5-8-5).

2. Conductividad.

Los valores de temperatura para los análisis de las tres muestras oscilaron entre 22°C.

Periodo comprendido entre 25-05-16 y 09-06-16, los valores de Conductividad para las tres muestras analizadas se pudo obtener los siguientes valores: en la captación (33,18Us/cm), planta (32,22 Us/cm) y distribución (32,42 Us/cm), realizado por medio de análisis ex – situ, estando los días en óptimas

condiciones. Aplicando CONDUCTIVIDAD: 2510 B METODO ESTANDAR 22ND EDICIÓN aprobado por la USEPA.

3. Oxígeno disuelto (OD).

Los valores de temperatura para los análisis de las tres muestras oscilaron entre 22,3°C.

Periodo comprendido entre 25-05-16 y 09-06-16, los valores de Oxígeno Disuelto para las tres muestras analizadas se pudo obtener los siguientes valores: en la captación (8,16mg/L), planta (8,14 mg/L) y distribución (8,42 mg/L), realizado por medio de análisis ex – situ, estando los días en óptimas condiciones. Rango permisibles de las normativas legales de calidad de agua INEN –TULSMA (No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6 mg/L).

4. Turbiedad.

Los valores de temperatura para los análisis de las tres muestras oscilaron entre 21°C.

Periodo comprendido entre 25-05-16 y 09-06-16, los valores de Turbiedad para las tres muestras analizadas se pudo obtener los siguientes valores: en la captación (0,43NTU), planta (0,19NTU) y distribución (0,17NTU), realizado por medio de análisis ex – situ, estando los días en óptimas condiciones. Rango permisibles de las normativas legales de calidad de agua INEN (5NTU)-TULSMA (10NTU).

5. Solidos Totales.

Los valores de temperatura para los análisis de las tres muestras oscilaron entre 21°C.

Periodo comprendido entre 25-05-16 y 09-06-16, los valores de Solidos Totales para las tres muestras analizadas se pudo obtener los siguientes valores: en la captación (75), planta (73) y distribución (77), realizado por medio de análisis ex – situ, estando los días en óptimas condiciones. Rango permisibles de las normativas legales de calidad de agua INEN (1000ppm)-TULSMA (50ppm).

6. DBO₅.

Aplicando la tabla 3: criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios podemos apreciar que la calidad de agua en la captación del cantón Pablo Sexto y verificando la tabla **3b**. Criterios de calidad admisible de la **DBO₅** para la protección de la vida acuática que los resultados de la curva proporcionaron entre 1,1 y 1,2 cumpliendo con los objetivos de calidad de vida acuática no impactada.

Tabla 12. Resultados parámetros químicos del agua medidas en la captación, planta y distribución al público.

PARÁMETROS	CAPTACIÓN	PLANTA	DISTRIBUCIÓN	INEN 1108	TULSMA LIBRO VI- ANEXO 1 CALIDAD DE AGUA
ORTOFOSFATO(mg/L)	0,25	0,18	0,13	0,3	0,1
NITRATO(mg/L)	0,3	0,25	0,45	50	50
NITRITO(mg/L)	0,005	0,003.5	0,00.35	3,0	0,2
COLORO TOTAL(mg/L)	-	-	0,21	-	-
COLORO LIBRE(mg/L)	-	-	0,21	-	-
CROMO(mg/L)	0.006	0.012	0,008	0,05	0,05
SULFATO (ppm)	<2	<2	<2	250	250

Fuente: Elaborado por los autores.

7. Ortofosfato.

Los valores de temperatura para los análisis de las tres muestras oscilaron entre 21°C.

Periodo comprendido entre 25-05-16 y 09-06-16, los valores de Ortofosfato para las tres muestras analizadas se pudo obtener los siguientes valores: en la captación (0,25 mg/L), planta (0,18 mg/L) y

distribución (0,13 mg/L), realizado por medio de análisis ex – situ, realizado por el MÉTODO 8048 HACH APROBADO POR LA USEPA, estando los días en óptimas condiciones. Rango permisibles de las normativas legales de calidad de agua INEN (0,3mg/L)-TULSMA (0,1 mg/L).

8. Nitrato.

Los valores de temperatura para los análisis de las tres muestras oscilaron entre 21°C.

Periodo comprendido entre 25-05-16 y 09-06-16, los valores de Nitrato para las tres muestras analizadas se pudo obtener los siguientes valores: en la captación (0,3 mg/L), planta (0,25 mg/L) y distribución (0,45 mg/L), realizado por medio de análisis ex – situ, realizado por el MÉTODO 8171 DENTRO DEL RANGO NO APROBADO POR LA USEPA, estando los días en óptimas condiciones. Rango permisibles de las normativas legales de calidad de agua INEN (50mg/L)-TULSMA (50mg/L).

9. Nitrito.

Los valores de temperatura para los análisis de las tres muestras oscilaron entre 21°C.

Periodo comprendido entre 25-05-16 y 09-06-16, los valores de Nitrito para las tres muestras analizadas se pudo obtener los siguientes valores: en la captación (0,005 mg/L), planta (0,0.003,5 mg/L) y distribución (0,0.003,5mg/L), realizado por medio de análisis ex – situ, realizado por el MÉTODO 8507 APROBADO POR LA USEPA, estando los días en óptimas condiciones. Rango permisibles de las normativas legales de calidad de agua INEN (3,0mg/L)-TULSMA (0,2mg/L).

10. Cloro Total.

Los valores de temperatura para los análisis de las tres muestras oscilaron entre 21°C.

Periodo comprendido entre 25-05-16 y 09-06-16, el valor de Cloro Total para la muestra analizada se obtuvo el siguiente valor: distribución (0,21mg/L), realizado por medio de análisis ex – situ, realizado por el MÉTODO 8167 APROVADO POR LA USEPA SE ENCUENTRA DENTRO DEL RANGO SE ENCUENTRA DENTRO DEL RANGO.

11. Cloro Libre.

Los valores de temperatura para los análisis de las tres muestras oscilaron entre 21°C.

Periodo comprendido entre 25-05-16 y 09-06-16, el valor de Cloro Libre para la muestra analizada se obtuvo el siguiente valor: distribución (0,21mg/L), realizado por medio de análisis ex – situ, realizado por el MÉTODO 8021 APROBADO POR LA USEPA SE ENCUENTRA DENTRO DEL RANGO.

12. Cromo.

Los valores de temperatura para los análisis de las tres muestras oscilaron entre 21°C.

Periodo comprendido entre 25-05-16 y 09-06-16, los valores de Cromo para las tres muestras analizadas se pudo obtener los siguientes valores: en la captación (0,006mg/L), planta (0,012 mg/L) y distribución (0,008mg/L), realizado por medio de análisis ex – situ, realizado por el MÉTODO 8023 APROBADO POR LA USEPA, estando los días en óptimas condiciones. Rango permisibles de las normativas legales de calidad de agua INEN (0,005mg/L)-TULSMA (0,005mg/L).

13. Sulfato.

Los valores de temperatura para los análisis de las tres muestras oscilaron entre 21°C.

Periodo comprendido entre 25-05-16 y 09-06-16, los valores de Sulfato para las tres muestras analizadas se pudo obtener los siguientes valores: en la captación (<2ppm), planta (<2ppm) y distribución (<2ppm), realizado por medio de análisis ex – situ, realizado por el MÉTODO 8051 APROBADO POR LA USEPA MÉTODO ESTANDAR 22ND EDICIÓN, estando los días en óptimas condiciones. Rango permisibles de las normativas legales de calidad de agua INEN (250ppm)-TULSMA (250ppm).

Tabla 13. Resultados parámetros metales del agua medidas en la captación, planta y distribución al público.

PARÁMETROS	CAPTACIÓN	PLANTA	DISTRIBUCIÓN	INEN 1108	TULSMA LIBRO VI-ANEXO 1 CALIDAD DE AGUA
COBRE(ppm)	<2	<2	<2	-	2
ZINC(ppm)	<0,05	<0,05	<0,05	5,0	5,0
HIERRO TOTAL(mg/L)	0,12	0,17	0,08	1,0	1,0

Fuente: Elaborado por los autores.

14. Cobre.

<0,2PPM El valor obtenido de Cobre en el laboratorio por 3030 E DIGESTION ACIDO NITRICO METODO ESTANDAR 22ND EDICIÓN, podemos apreciar que en los tres muestreos: captación, planta y distribución se encuentra bajo el rango permisible establecido por la Norma de Calidad Ambiental y la tabla 1. CRITERIOS DE CALIDAD DE FUENTES DE AGUA QUE PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO REQUIEREN TRATAMIENTO CONVENCIONAL Y DESINFECCION (MAE, 2014).

15. Zinc.

<0,05 PPM El valor obtenido de Zinc en el laboratorio por medio de análisis ex – situ 3030 E DIGESTION ACIDO NITRICO STANDARRT METHODS 22ND EDITION, podemos apreciar que en los tres muestreos: captación, planta y distribución; se encuentra bajo el rango permisible establecido por la Norma de Calidad Ambiental y la tabla 1. CRITERIOS DE CALIDAD DE FUENTES DE AGUA QUE PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO REQUIEREN TRATAMIENTO CONVENCIONAL Y DESINFECCION (MAE, 2014).

16. Hierro Total.

Los valores de temperatura para los análisis de las tres muestras oscilaron entre 21°C.

Periodo comprendido entre 25-05-16 y 09-06-16, los valores de Hierro Total para las tres muestras analizadas se pudo obtener los siguientes valores: en la captación (0,12mg/L), planta (0,17mg/L) y distribución (0,08mg/L), realizado por medio de análisis ex – situ, realizado por el MÉTODO 8008 APROBADO POR LA USEPA, estando los días en óptimas condiciones. Rango permisibles de las normativas legales de calidad de agua INEN (1,0mg/L)-TULSMA (1,0mg/L).

Tabla 14. Resultados parámetros microbiológicos del agua medidas en la captación, planta y distribución al público.

PARÁMETROS	CAPTACIÓN	PLANTA	DISTRIBUCIÓN	INEN	TULSMA LIBRO VI-ANEXO 1 CALIDAD DE AGUA
COLIFORMES TOTALES (UFC/100ml)	19	<2 (Ausencia)	<2 (Ausencia)	-	3000

Fuente: Elaborado por los autores.

17. Coliformes Totales.

Periodo comprendido entre 25-05-16 y 09-06-16, el valor que oscilo de 19UFC/100ml en el muestreo que se realizó en la captación, se obtuvo por medio de análisis ex – situ, se encuentra dentro del rango permisible establecido por la Normativa de Calidad Ambiental y la tabla1, de tratamiento convencional y desinfección. Métodos Normalizados para el análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICION y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICION.

Proteger los recursos de agua contra la contaminación y garantizar la calidad de las aguas para su consumo con los tratamientos adecuados, necesita la colaboración estrecha de los ingenieros con otros científicos. Estos con sus trabajos de análisis e investigación pueden localizar la causa, la naturaleza y extensión de los problemas sanitarios, los médicos pueden sanar a los enfermos, pero

impedir que las enfermedades se produzcan y eliminar su propagación está en manos de los ingenieros (Muñoz, 2008).

Cada que se requiera establecer criterios de Calidad del agua para un determinado uso, se recomienda analizar la situación realizando bioensayos, consultando varios autores y autoridades ambientales, así como también tratar de establecer valores adecuados para las condiciones locales. Con el propósito de reunir en una sola tabla los criterios propuestos (Ramírez, Calidad del agua (Evaluación y diagnóstico), 2011).

En este resultado podemos ver como esta en la actualidad la calidad de agua que se entrega a los entes decidores del sector Urbano Pablo Sexto y según los análisis físico-químico y microbiológico, citar lo que nos dice (Muñoz, 2008) el recurso agua necesita un tratamientos adecuado con estrecha colaboración de los ingenieros con otros científicos ya que estos pueden localizar la causa, la naturaleza y extensión para eliminar problemas sanitarios, mencionando también lo que nos dice (Ramírez, Calidad del agua (Evaluación y diagnóstico), 2011) que para establecer criterio de calidad del agua se recomienda bioensayos consultando con varios autores y autoridades ambientales.

4.3 SIMULACIÓN EN LA RED DE ABASTECIMIENTO MEDIANTE SOFTWARE EPANET.

Como resultado de la simulación se obtiene las siguientes gráficas.

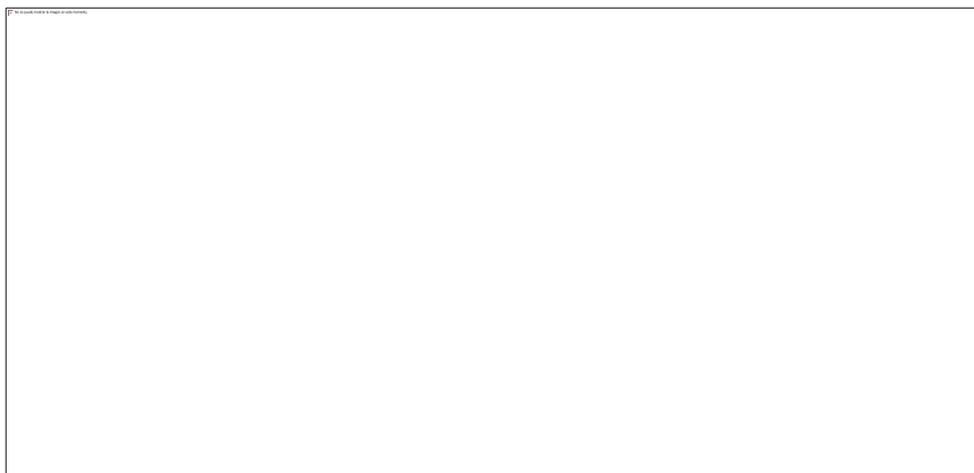


Figura 9. Red de abastecimiento de agua potable del Canton Pablo Sexto.
Fuente: Vélez, 2016.

En la gráfica 9. Representa la red de tuberías diseñada en el software EPANET. Los valores ingresados al software fueron de: longitud, diámetro, cota de tubería representados por la letra "T", los puntos de demanda de agua por los usuarios se representan con la letra "N". La concentración de cloro inicial en la planta de potabilización se considero de 1,6 mg/l, el tiempo de simulación es de 72 horas el periodo de inicio de la simulación es desde las 12H00 pm, el patron de consumo de agua se desarrollo en base del hábito diario de la población.

Los valores ingresados fueron proporcionados por el personal del GAD de Pablo Sexto. El detalle de estos valores se encuentran señalados en el anexo 1 de calidad de agua.

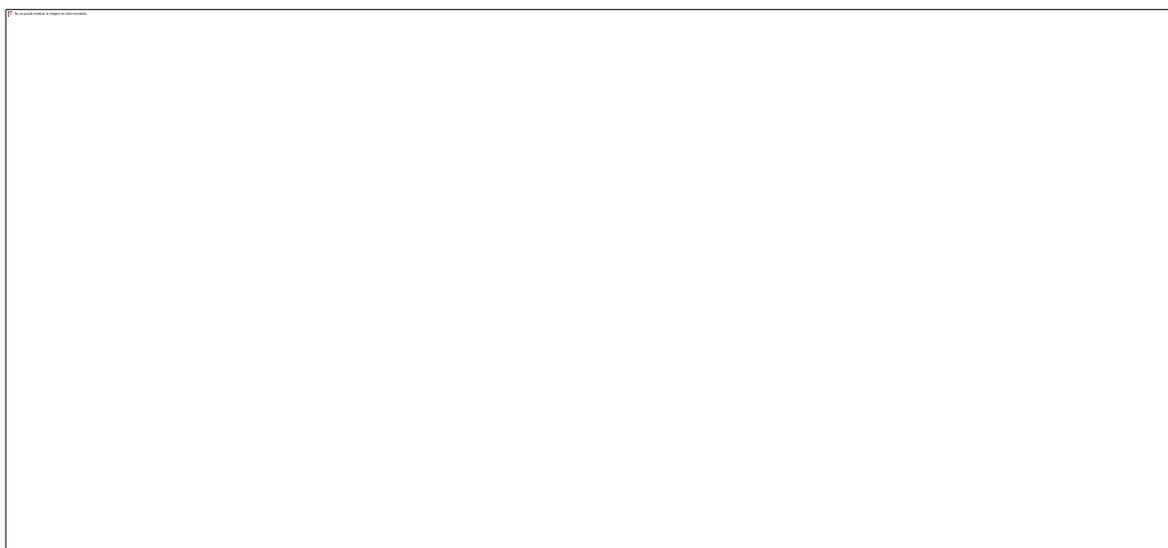


Figura 10. Curva de evolución de concentración de cloro en el agua Nudo 4
Fuente: MSc. Alberto Vélez.

La Gráfica 10. Indica la variación del cloro que se da en el punto N4 de abastecimiento de agua. Esta variación está relacionada directamente con el patrón de consumo. En horas del día cuando se consume agua tendremos un caudal en movimiento por la demanda de los usuarios en la red, este consumo en horas de la noche y madrugada disminuye por lo que tenemos que el caudal en movimiento disminuye. La variación del cloro se presenta por la renovación y consumo de cloro que se da cuando llega un caudal de agua renovado desde la planta, este caudal tendrá una mayor concentración de cloro elevando la concentración de cloro en la tubería hasta un valor de 1.46 mg/l en horas pico de consumo, cuando la demanda de los usuarios disminuye el cloro empieza a consumirse, una parte por el fluido (agua) y otra parte por las paredes de la tubería. Los valores

mínimos de cloro se observan sobre 1 mg/l. se puede indicar que según la norma INEN1108 y la Legislación Ecuatoriana expuesta TULSMA la concentración entregada a los usuarios no puede

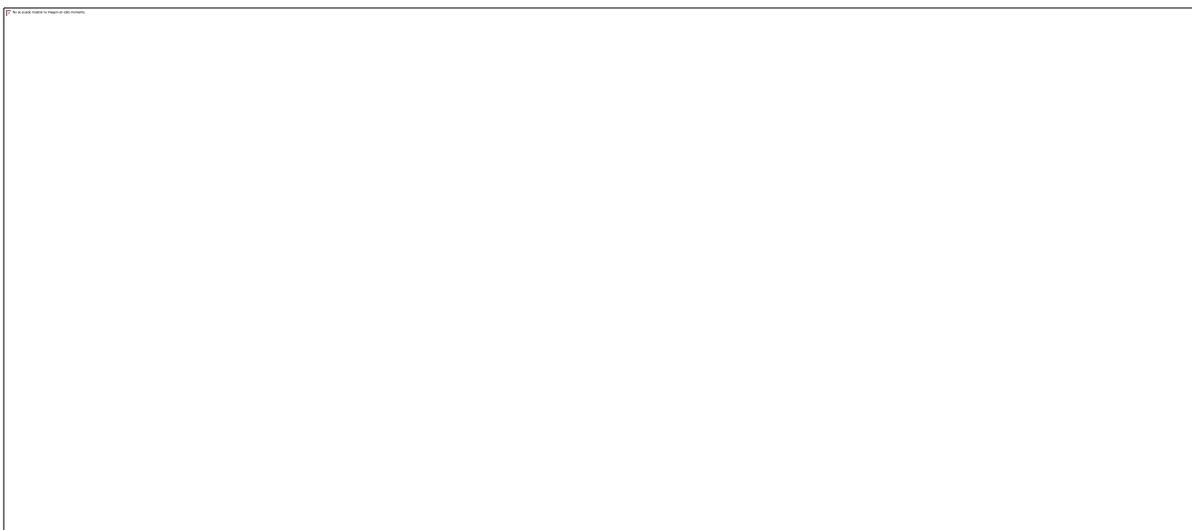


Figura 11. Curva de evolución de concentración de cloro en el agua Nudo 6.

Fuente: Vélez, 2016.

sobrepasar 1 mg/l (GADPs, 2015).

En la gráfica 11. Sobre la evolución del cloro en el nudo 6 se observa que la concentración de cloro en este punto disminuye con relación al nudo 4, la mayor concentración es de 1.1 mg/l, esto se debe a que este punto está más lejano de la planta de potabilización por lo que este recorrido tomará más tiempo consumiéndose de esta forma el cloro del agua. De la simulación realizada se estima que la concentración mínima de cloro es de 0.6 mg/l.

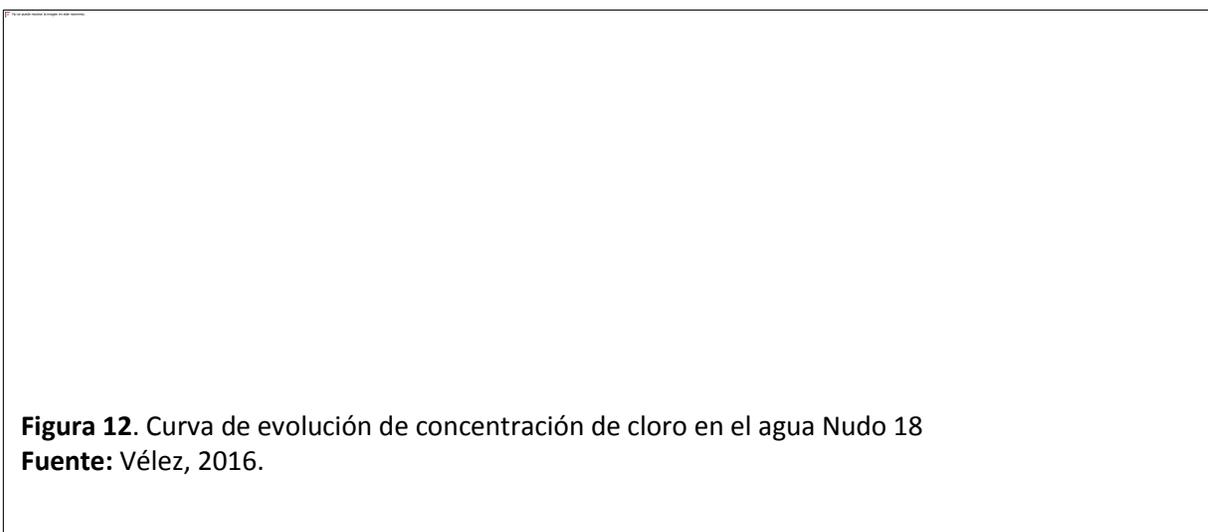


Figura 12. Curva de evolución de concentración de cloro en el agua Nudo 18

Fuente: Vélez, 2016.

En la gráfica 12. Evolución del cloro en el nudo18 se observa que la concentración de cloro en este punto disminuye con relación al nudo 4 y 6 , la mayor concentración es de 0.9 mg/l. esto debido a que este punto esta mas lejano de la planta de potabilización por lo que este recorrido tomará mas tiempo consumiendose de esta forma el cloro del agua.

Del muestreo realizado en cumplimiento al objetivo dos de determinar la calidad de agua en la vivienda de un usuario de esta red de abastecimiento de agua potable, se obtuvo que la concentración de cloro fue de 0.9 mg/l, al contrastar este dato con la simulación realizada en EPANET, se puede verificar la fiabilidad del software.

18. PROPUESTA DE DISMINUCIÓN EN LA CONCENTRACIÓN DE CLORACIÓN.

En la gráfica 9 de resultados se expuso los valores de concentración de cloro estan sobre los que indica la normativa, con el fin de reducir el consumo de cloro se propone reducir la cantidad de cloro que se entrega en la planta de potabilización.

La concentración inicial actual es de 1.6 mg/l la propuesta es reducir esta a 1.4 mg/l. Se ha realizado la simulación en el software EPANET y se presentan los siguientes resultados.

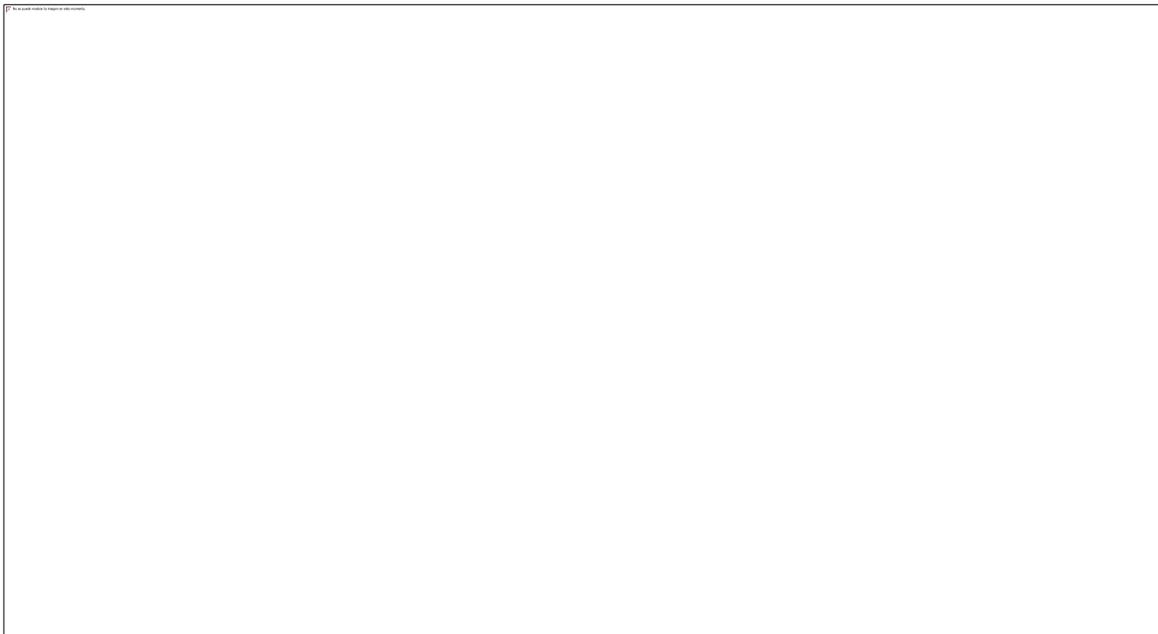


Figura 13. Evolución del cloro en el Nudo 4, concentración inicial 1,4 mg/l

Fuente: Velez, 2016.

En la gráfica 13 se observa la concentración de cloro en el nudo 4 cuando la concentración inicial es de 1,4 mg/l siendo el valor máximo 1.28 mg/l, todos los valores simulados en este punto están sobre los límites permisivos de la norma INEN1108 y del Tulsma.

Al comparar las concentraciones de cloro en el nudo cuatro en dependencia de la concentración inicial se obtienen los siguientes valores.

Tabla 15. Concentración de cloro en nudo cuatro

Nudo 4	mg/l	mg/l
Concentración inicial	1.6	1.4
Valores máximos en simulación.	1.48	1.28

Fuente: Vélez, 2016.

Se puede observar que en los dos casos la concentración excede los límites permisivos de la norma INEN1108 y del TULSMA. Y a su vez se indica que se puede disminuir la concentración inicial de cloro que se aplica en la planta de potabilización.

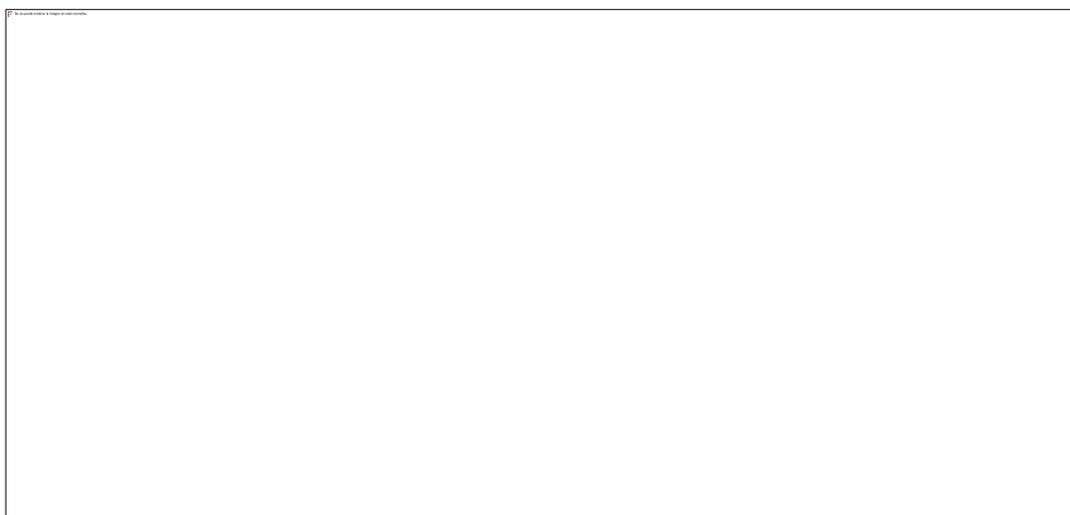


Figura 14. Concentración de cloro nudo 6 concentración inicial 4 mg/l

Fuente: Veléz, 2016.

En las gráficas 14. se observa la evolución del cloro en el nudo 6, cuando la concentración inicial es de 1,4 mg/l el valor máximo que se presenta en la simulación es de 0.96 mg/l y el valor mínimo es de 0.6 mg/l.

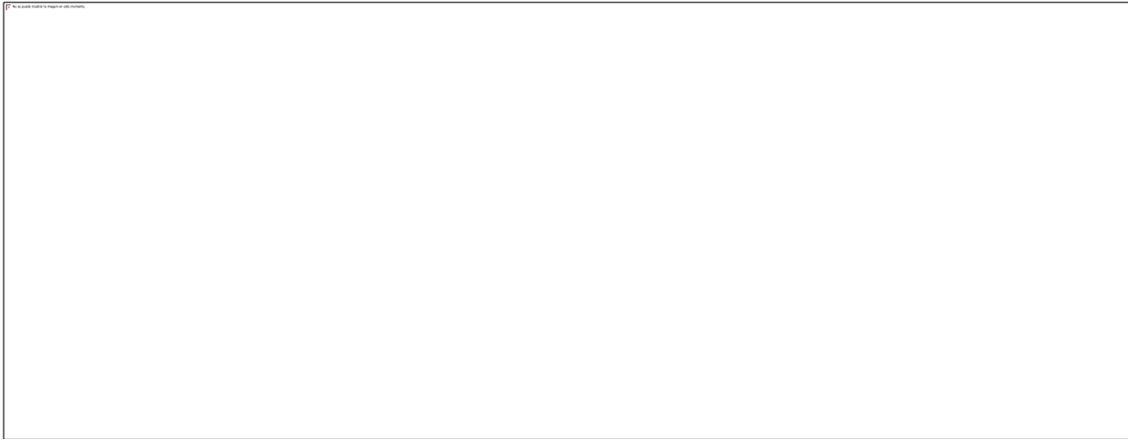


Figura 15. Concentración de cloro nudo 18 concentración inicial 4 mg/l
Fuente: Vélez, 2016.

En las gráficas 15. se observa la evolución del cloro en el nudo 18, cuando la concentración inicial es de 1,4 mg/l el valor máximo que se presenta en la simulación es de 0.79 mg/l y el valor mínimo es de 0.5 mg/l.

De lo observado en las gráficas 6 y 7 se puede sugerir la concentración inicial en la planta de potabilización se puede reducir a un aporte de 1,4 mg/l. Se estima un ahorro de 2 mg/l, La demanda de agua establecida en la ciudad de Pablo Sexto es de 10l/s este dato proporcionado por el GAD Pablo Sexto, lo que supondría un ahorro de 1.75 Kg/día de cloro.

Redes de distribución (Finalidad).- El suministro del agua desde los depósitos (elementos de regulación entre aportaciones y suministro) hasta los puntos de consumo de la ciudad, se efectúa por medio de una red de distribución, cuyo fin es garantizar que en todos los puntos, exista el caudal preciso, la presión conveniente, y la calidad de agua requerida, evitando cualquier posible contaminante desde su recogida en el depósito hasta el punto de consumo (Muñoz, 2008).

La simulación es un modelo lo que un experimento es a un sistema. En términos prácticos una simulación es un experimento realizado con un modelo. Nuevamente, se enfatiza en que la simulación no necesariamente implica la utilización de un programa de computadora. Lo que ocurre es que normalmente los fenómenos naturales se representan por ecuaciones matemáticas cuya mejor manera de resolverlas es elaborando un programa de computadora. Resumiendo el objetivo de la simulación es experimentar con un modelo tan fácil y conveniente como el sistema real.

Mientras un científico es feliz observando y entendiendo el mundo un ingeniero busca modificarlo para su propio beneficio. Así es que la ciencia es análisis, la ingeniería es control y diseño. Por lo tanto la simulación puede usarse para análisis, control y diseño (Ramírez, Calidad del agua (Evaluación y diagnóstico), 2011).

En este resultado de simulación y distribución final del agua referente a calidad, podemos mencionar lo que nos dice (Muñoz, 2008) la distribución del líquido vital es garantizar que en todos los puntos exista el caudal preciso, la presión conveniente, y la calidad de agua requerida desde el punto de acogida hasta el punto de consumo, así mismo nos sabe mencionar (Ramírez, Calidad del agua (Evaluación y diagnóstico), 2011) que la simulación es experimentar con un modelo tan fácil y conveniente como el sistema real, en lo cual nos hace entender que mientras un científico es feliz observando y entendiendo el mundo, un ingeniero busca su propio beneficio para el control y diseño.

4.4 PROPUESTA PARA PLANTA EN EPOCA DE LLUVIA.

En el caso específico del sedimentador en épocas de lluvia no abastece para poder retener los sólidos en cual estos se desbordan del sedimentador, por lo tanto se propone la implementación de un pozo de gruesos y de un tamiz estático.

La misión del pozo de gruesos.

1. Eliminar de la corriente las grandes cantidades de sólidos que ocasionalmente puedan llegar y sobrecargar las rejillas, originando problemas incluso en las rejillas gruesas, por ejemplo de una tormenta.
2. Eliminar grandes cantidades de arena que puedan depositarse en los canales y crear problemas en las rejillas o sobrecargar el desarenador (Limusa, 2000).

Tabla 16. Sistema de un pozo de gruesos.

PARAMETROS DE PARTIDA	
Caudal de diseño (m ³ /h)	9
Caudal máximo (m ³ /h)	43,2
CRITERIOS DE DISEÑO	
Tiempo medio de residencia a caudal de diseño (minutos)	4
Velocidad ascensional a caudal de diseño (m ³ /m ² .minuto)	1
Relación Longitud/ anchura del pozo	1
Metros cúbicos de arena y residuos por 1000 m ³ de agua residual a caudal de diseño	1
Metros cúbicos de arena y residuos por 1000 m ³ de agua residual con tormenta	3
RESULTADOS DE CÁLCULO.	
Volumen útil (m ³)	0,60
Superficie (m ²)	0,15
Profundidad útil (m)	4,00
Longitud (m)	0,39
Anchura (m)	0,39
Tiempo medio de residencia a caudal máximo (min)	0,83
Velocidad ascensional a caudal máximo (m ³ /m ² .minuto)	4,80
Producción normal de arena y residuos secos (m ³ /día)	0,22
Producción máxima de arena y residuos secos con tormenta (m ³ / h)	0,13

Fuente: Elaborado por los autores.

1. Tamiz estático.

Los tamices son un sistema más la separación de sólidos en suspensión del agua a tratar, su eficiencia en la separación se sitúa entre las rejillas de desbaste y los decantadores primarios. Según el tipo de sólidos pueden sustituir con ventaja a los decantadores, generalmente cuando los sólidos a separar son muy finos y tienen la consistencia suficiente para no disgregarse.

Presentan la ventaja sobre los decantadores de su menor coste, simplicidad de operación y la obtención de un residuo bastante seco que puede ser manejado como un sólido sin necesidad de deshidratación posterior. Los posibles inconvenientes son la mayor pérdida de carga y una menor eficacia en la separación de sólidos (Metalica, 2013).

Tabla 17. Sistema de un Tamiz Estático.

Parámetros de partida	
Caudal de diseño (m^3/h)	9
Número de líneas en paralelo	2
Sólidos en suspensión en el agua a tratar	500
Eliminación de sólidos en suspensión %	15
Distancia entre barras (luz del tamiz (mm))	1,5
Resultado de Calculo	
Caudal de diseño por línea (m^3/h)	4,5
Carga hidráulica máxima a caudal de diseño (m^3/m de ancho de tamiz)	121,64
Anchura útil del tamiz filtrante (m)	0,05
Superficie en planta aproximada ocupada por un tamiz (m^2)	0,09

Peso aproximado del tamiz vacío (Kg)	138,3
Producción de fangos en tamices (Kg de sólidos)	16,2
Carga hidráulica a caudal de diseño (m^3/m de ancho de tamiza)	86,01

Fuente: Elaborado por los autores.

Necesidad del Agua.- Abastecimiento, usos domésticos, consumos municipales o urbanos los retos en los consumos urbanos están en garantizar la cantidad de agua necesaria por aumento de la población y por aumento de la demanda, así como la de garantizar la calidad requerida para los distintos usos. (Muñoz, 2008).

A menudo surge la pregunta: ¿Se requiere calibrar y verificar un modelo de calidad del agua cada que se vaya usar? La respuesta no es fácil porque depende de muchos factores. Sin embargo, el autor recomienda que un modelo de calidad de agua se debe verificar y calibrar en aquellos estudios y proyectos en los que involucre la toma de decisiones que lleven a grandes inversiones. Por ejemplo, se recomienda utilizare un modelo calibrado y verificado cuando se trate de la ubicación y selección del nivel de tratamiento de una planta de tratamiento (Ramírez, Calidad del agua (Evaluación y diagnóstico), 2011).

En este resultado de propuesta de mejoramiento de la planta de potabilización, como nos menciona (Muñoz, 2008) los retos de los consumos urbanos y municipales es garantizar la calidad de agua necesaria para sus distintos usos así mismo la cantidad por aumento de demanda, también podemos corroborar lo que nos dice el siguiente autor (Ramírez, Calidad del agua (Evaluación y diagnóstico), 2011) el autor recomienda que un modelo o proceso de calidad de agua se debe verificar y calibrar en aquellos estudios y proyectos en los que involucre las toma de decisiones que lleven a grandes inversiones.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES.

5.1 CONCLUSIONES.

A partir de los resultados de la presente investigación se arriba a las siguientes conclusiones:

1. El tanque de almacenamiento para distribución de la población no cumple con los requerimientos, ya que el tanque se encuentra deteriorado y presenta fisuras que no garantiza la efectividad de la misma.
2. La planta de potabilización no tiene una eficiencia en mantenimiento y distribución ya que interrumpe su servicio mermando los procesos, por no contar con el personal adecuado.
3. La calidad de agua que se entrega a los entes decidores del sector urbano de Pablo Sexto se encuentra en los límites permisibles, para los diferentes usos.
4. La simulación y distribución final del agua referente a calidad mediante el software ayuda al ingeniero y al equipo multidisciplinario a tener un respectivo control en calidad de agua, pudiendo administrar un correcto suministro de cloro.
5. Los procesos en épocas de lluvia no se realizan debidamente ya que se debe implementar varias construcciones específicas.

5.2 RECOMENDACIONES.

1. Realizar un mantenimiento correctivo e implementar las garantías operacionales.
2. Implementar el sistema de tratamiento propuesto y las acciones recomendadas en este trabajo, a fin de dotar a la población del sector urbano de Pablo Sexto un agua potable de alta calidad que garantice beber un líquido seguro y libre de microorganismos patógenos,

además se debe hacer una compra de un equipo básico, como es un Multiparamétrico para que puedan hacer un monitoreo de parámetros físicos básicos.

3. Adquirir el programa con el cual se está trabajando en el proyecto o uno de similares características para que se pueda trabajar con un mejor control, con los posibles encargados de la planta de potabilización.

4. Se debería impulsar y realizar nuevos estudios y/o proyectos en convenio con el municipio para el mejoramiento de la calidad como análisis de agua, control de calidad y actividades de capacitación, todas establecidas en el plan de manejo propuesto.

CAPÍTULO VI

1. BIBLIOGRAFIA

- Arboleda, J. (2000). *Teoría y práctica de la purificación del agua*. Bogotá-Colombia: Mc.Graw Hill.
- EMAPA. (2015). *Análisis físico - químico y bacteriológico de aguas*. Obtenido de <http://www.inicio.emapa.gob.ec/?p=512>
- EPANET. (2016). *Diseño y Simulación de Redes de Distribución de Agua con EPANET*. Obtenido de <http://www.ididactia.com/course/disenio-y-simulacion-de-redes-de-distribucion-de-agua-con-epanet/>
- EUMED. (2013). *Características del Agua Potable: Color, Sabor Y Olor*. Recuperado el 12 de 04 de 2016, de www.filtrosdeaguaalcalina.com
- GADPs. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del canton Pablo Sexto al año 2025*. Recuperado el 05 de 04 de 2016, de http://app.sni.gob.ec/visorseguimiento/DescargaGAD/data/sigadplusdiagnostico/1660000170001_DIAGNOSTICO%20DEL%20PD%20Y%20POT%20DE%20LA%20PROVINCIA%20%20DE%20PASTAZA%20DEF%20-%202015%20MAYO_15-05-2015_14-18-30.pdf
- Goyenola, G. (2007). *Red de Monitoreo Ambiental Participativo de Sistemas Acuáticos*. Obtenido de <https://www.google.com.ec/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#q=oxigeno+disuelto+pdf>
- Guerrero. (2000). R. *Manual de tratamiento de aguas*. México DF: Limusa.
- Limusa. (2000). *Manual de tratamiento de aguas*. México D.F.
- MAE. (2014). *TULSMA, libro VI, anexo 1, calidad de agua*.
- Martínez, M. (2015). *MEDIDORES CAUDAL MOLINETE*. Obtenido de <http://documents.mx/documents/medidores-caudal-molinete.html>
- Metalica, H. (2013). *Tamiz filtrante estatico*. Ecuador: Copyright © 2013 Hidrometálica, S.C.A.
- Muñoz, A. H. (2008). *Abastecimiento y Distribución de Agua*. España-Madrid: seinor.

NCI, N. y. (2013). *Caracterización de la Zona de Recarga y del Sistema de Abastecimiento de Agua de la ciudad de Zaruma, cantón Zaruma*. Zaruma.

NTE INEN 1108. (2014). *NORMA TECNICA ECUATORIANA*. Obtenido de <http://normaspdf.inen.gob.ec/pdf/nte/1108-5.pdf>

Ramírez, C. A. (2011). *Calidad del agua*. Medellín: Ediciones de la U.

Rojas, J. A. (2009). *Calidad del agua*. Escuela Colombiana de Ingeniería.

Seoanez. (2003). *manual de tratamiento, reciclado, aprovechamiento y gestion de las aguas residuales de las industrias agroalimentarias*. España: Ediciones Mundi-Prensa.

Smart fertilizer management. (2016). *La conductividad Eléctrica del Agua*.

UNAD. (2013). *Sistema de Abastecimiento de Agua*. Bogota.

UNE77/004/89, N. (2010). *determinacion de la demanda quimica de oxigeno (DQO) por el metodo del dicromato*. Obtenido de <https://www.google.com.ec/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#q=demanda-quimica-oxigeno+pdf>

CAPÍTULO VII

1. ANEXOS



Figura 16. Ing. Au

Fuente: Elaborado



Figura 17. Midiendo caudales en la captación.

Fuente: Elaborado por los autores

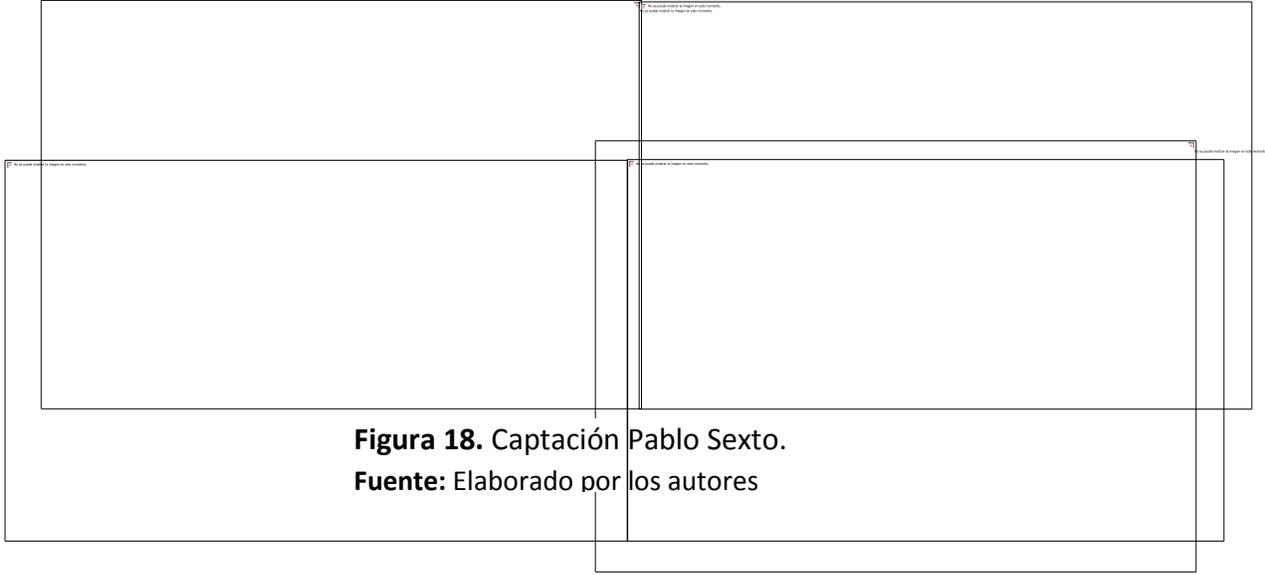


Figura 18. Captación Pablo Sexto.
Fuente: Elaborado por los autores

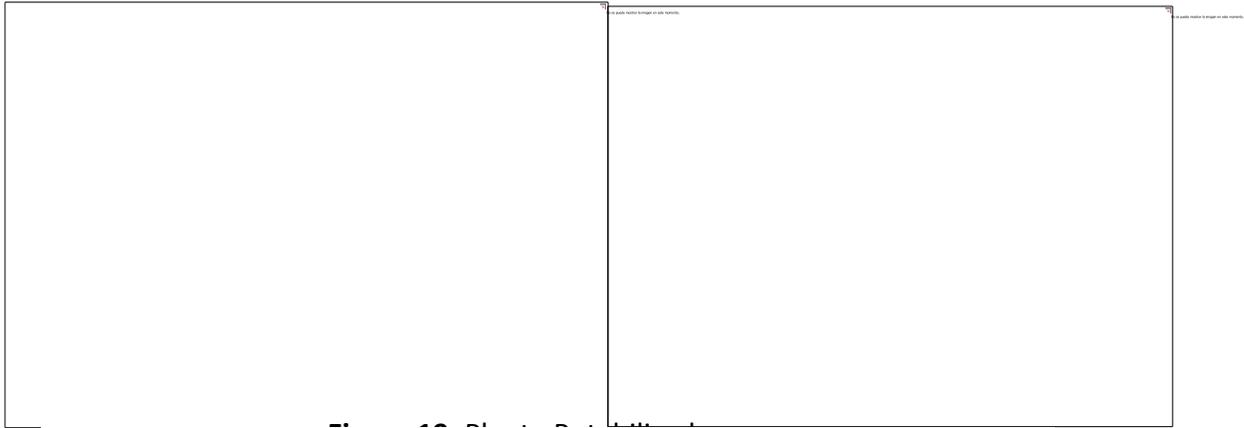


Figura21. Tanque de cloro gas con su respectiva regularización.
Fuente: Elaborado por los autores.

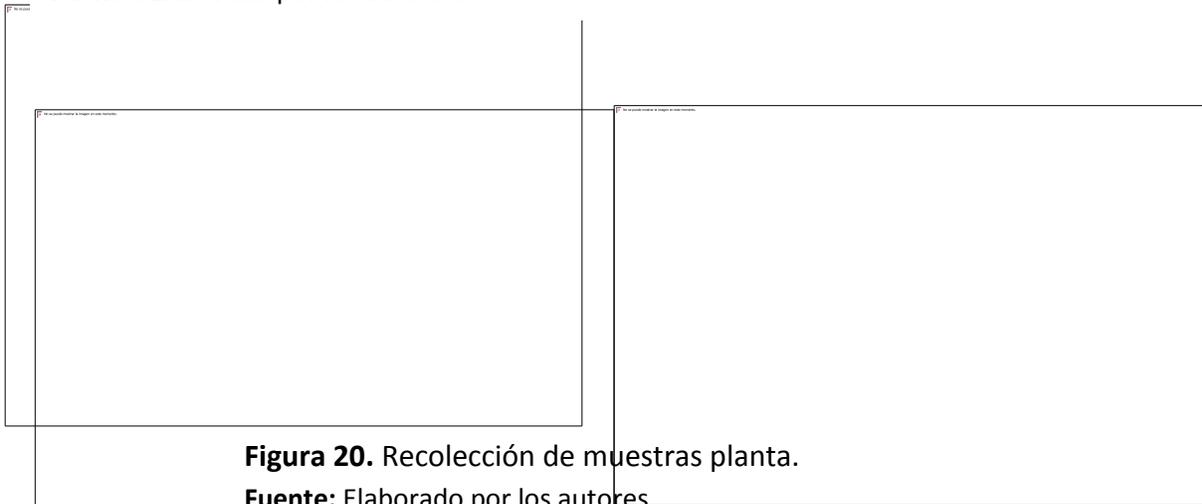


Figura 20. Recolección de muestras planta.
Fuente: Elaborado por los autores

ador planta de potabilización.
do por los autores.

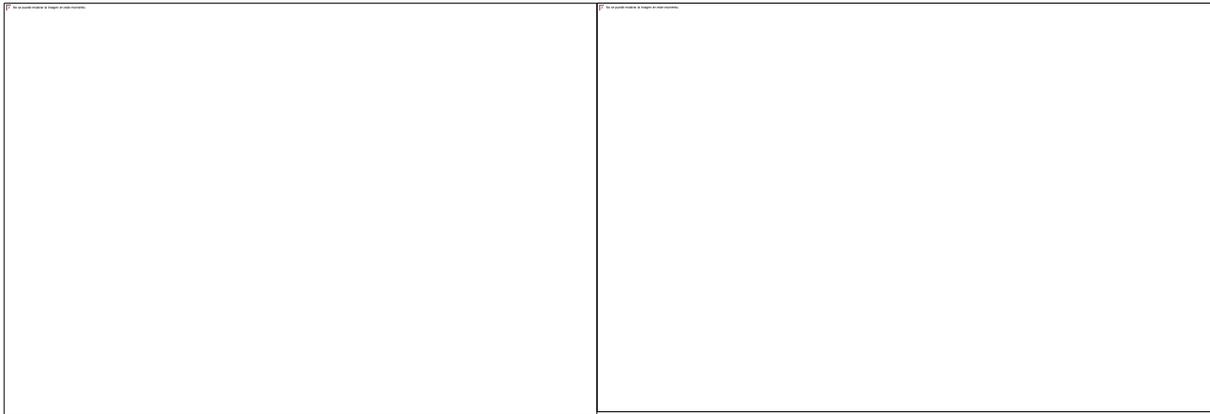


Figura23. Kit para medición de cloro.

Fuente: Elaborado por los autores.

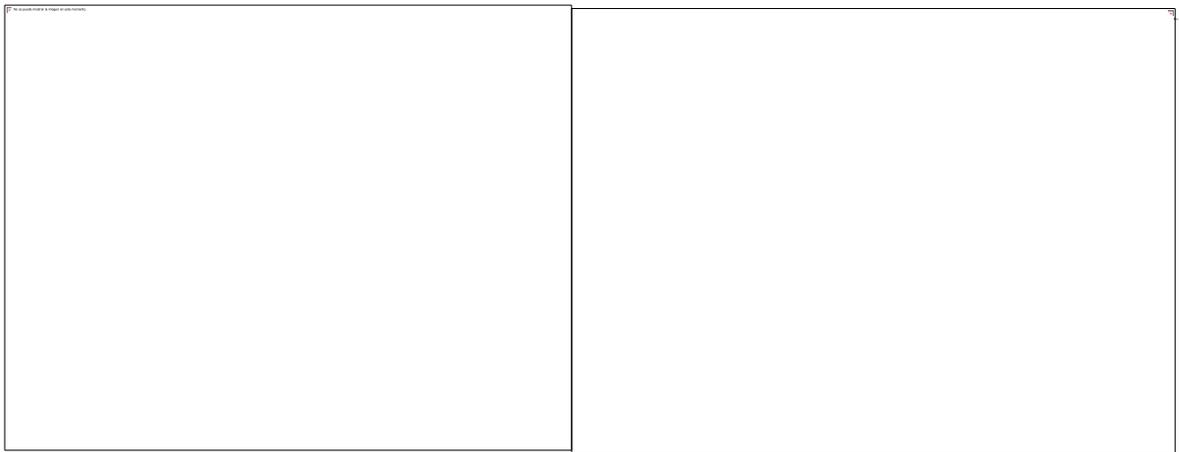


Figura24. Administración de cloro gas, con su respectivo registro.

Fuente: Elaborado por los autores.

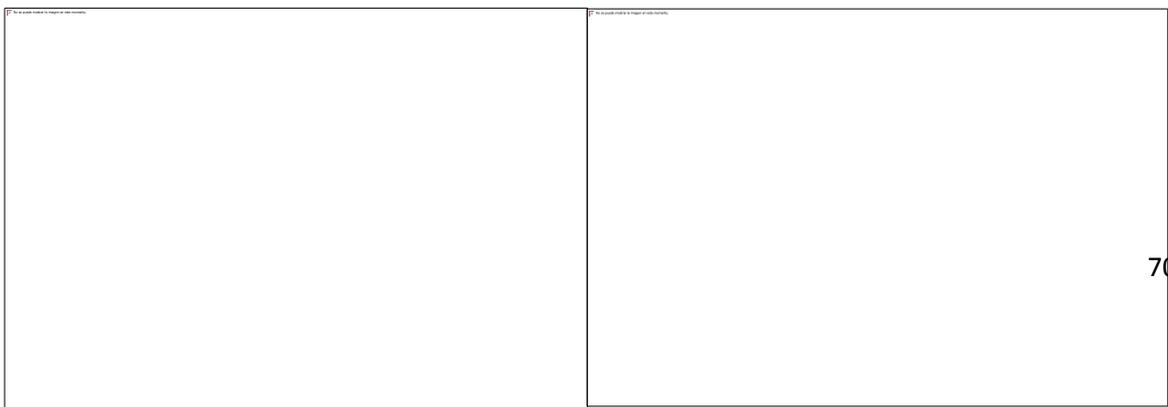


Figura 25. Tanque de almacenamiento antes de la caseta de cloro gas.

Fuente: Elaborado por los autores.

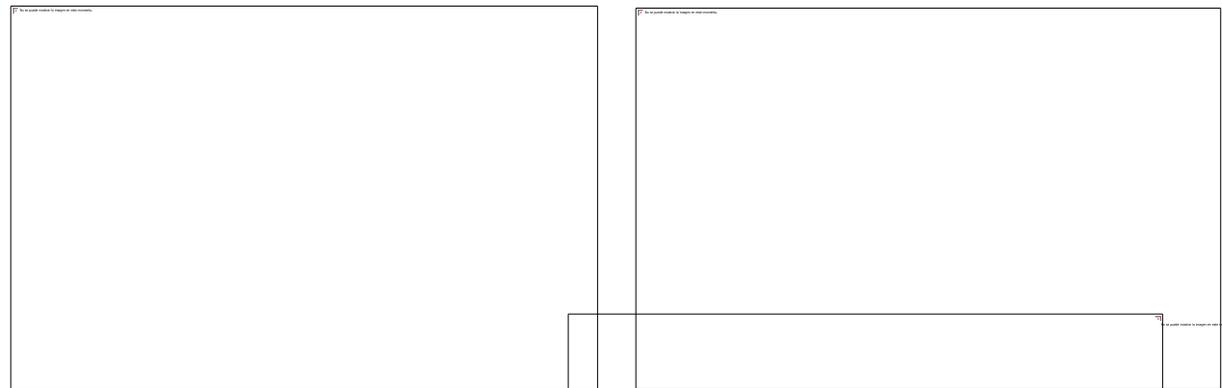


Figura 26. Sedimentación

Fuente: Elaborado por los autores.

Figura 27. Planta potabilizadora de Pablo Sexto.

Fuente: Elaborado por los autores.



CH.
los autores.

Figura 29. Reactivos.

Fuente: Elaborado por los autores.

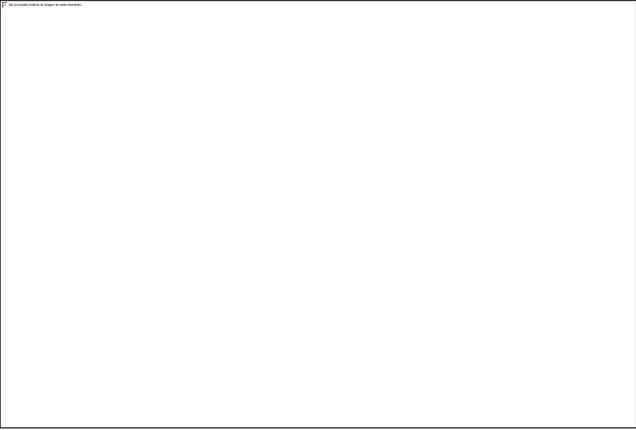


Figura30. Espectofotómetro.
Fuente: Elaborado por los autores.

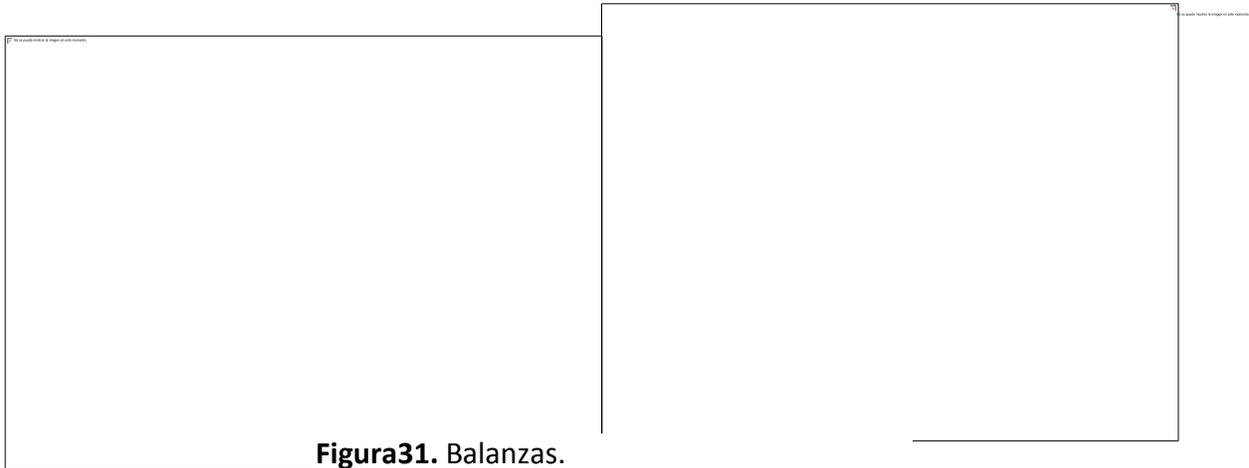


Figura31. Balanzas.
Fuente: Elaborado por los autores

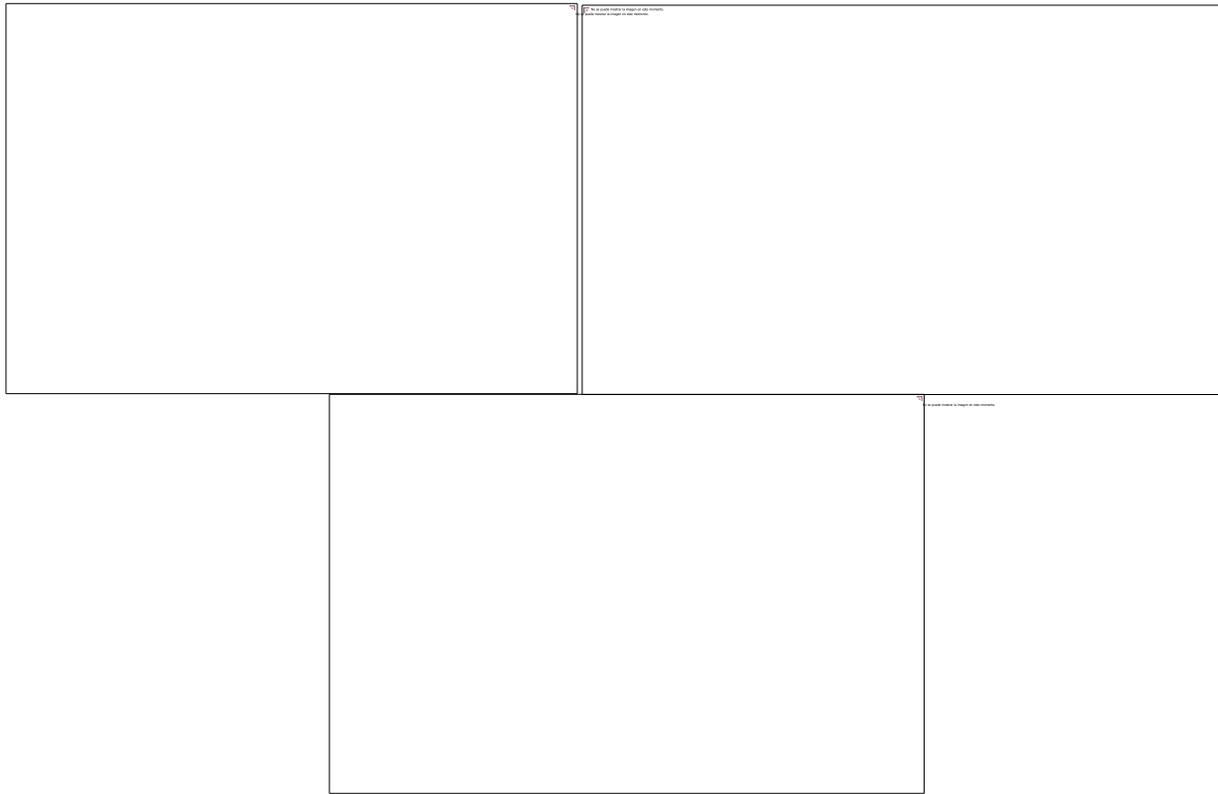


Figura32. Equipos del laboratorio.
Fuente: Elaborado por los autores.

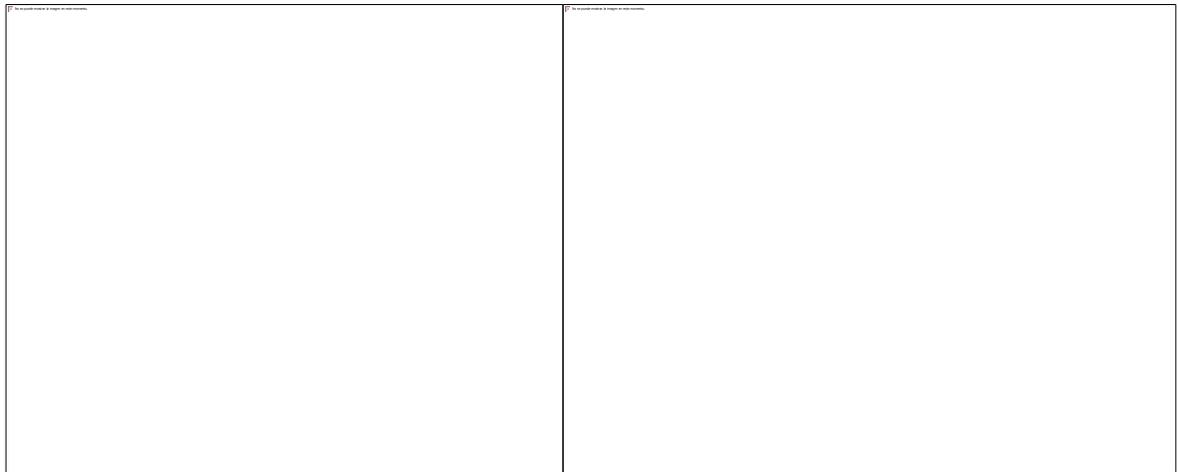


Figura 33Vasos de precipitación, papel filtro.
Fuente: Elaborado por los autores.

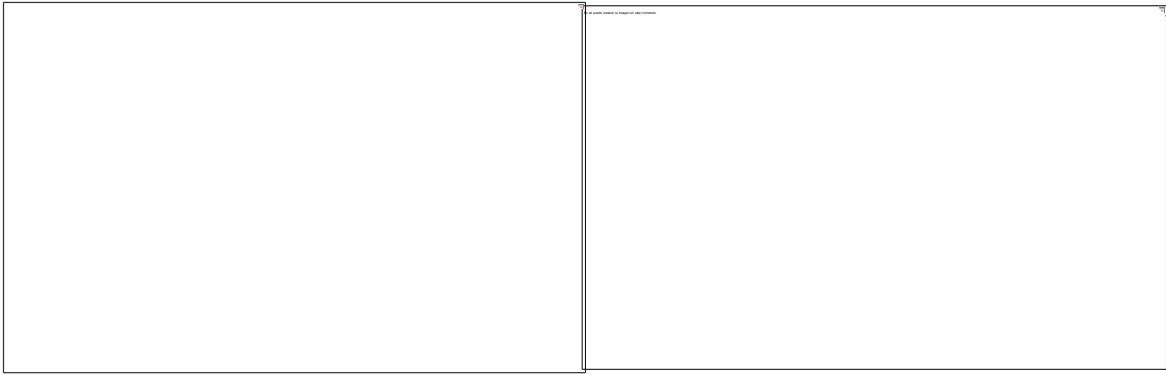


Figura34. Multiparamétrico.

Fuente: Elaborado por los autores.

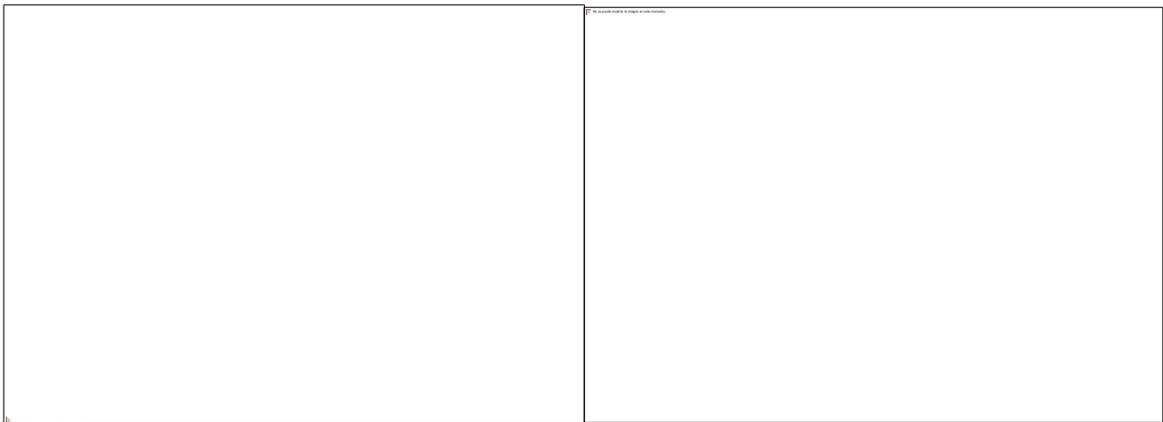


Figura35. Equipos para realizar solidos totales.

Fuente: Elaborado por los autores.

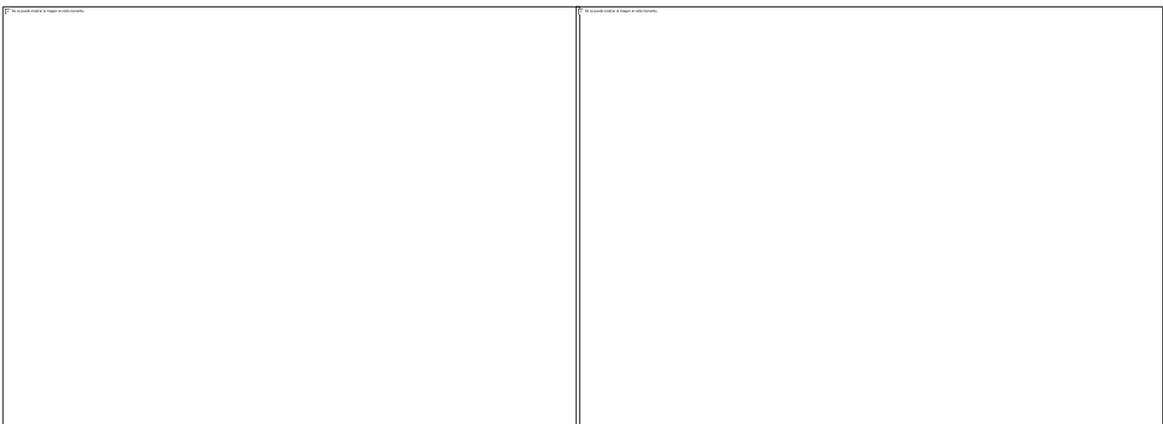


Figura36. Equipos para realizar DBO₅.

Fuente: Elaborado por los autores.

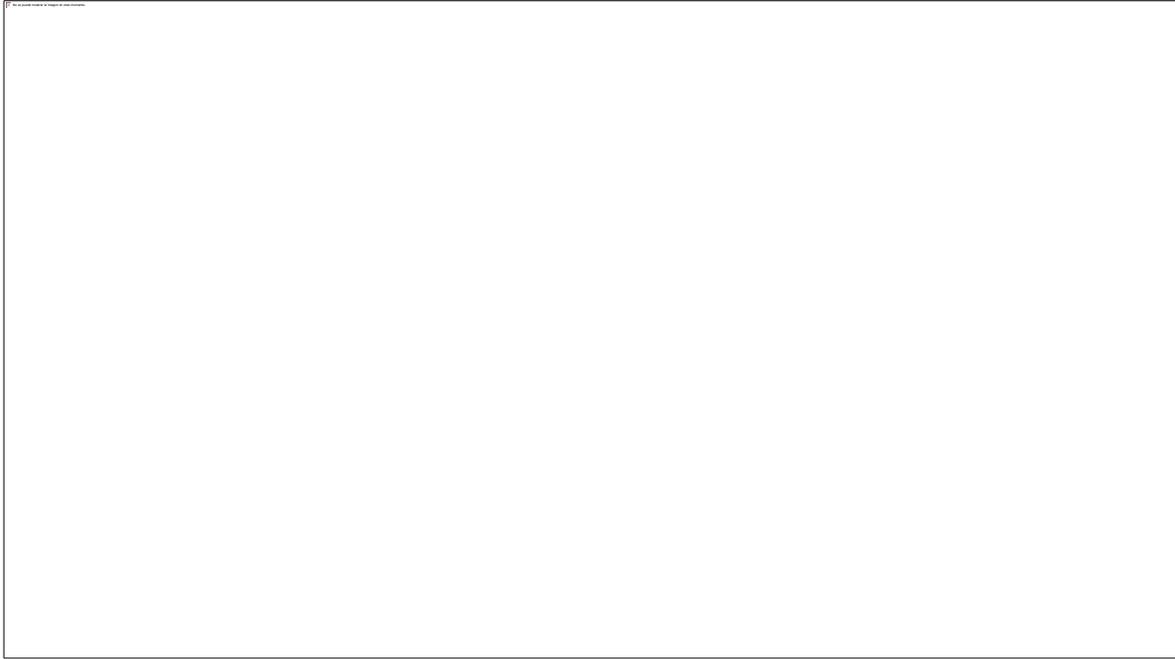


Figura37. Datos patrón de consumo.
Fuente: Elaborado por los autores.

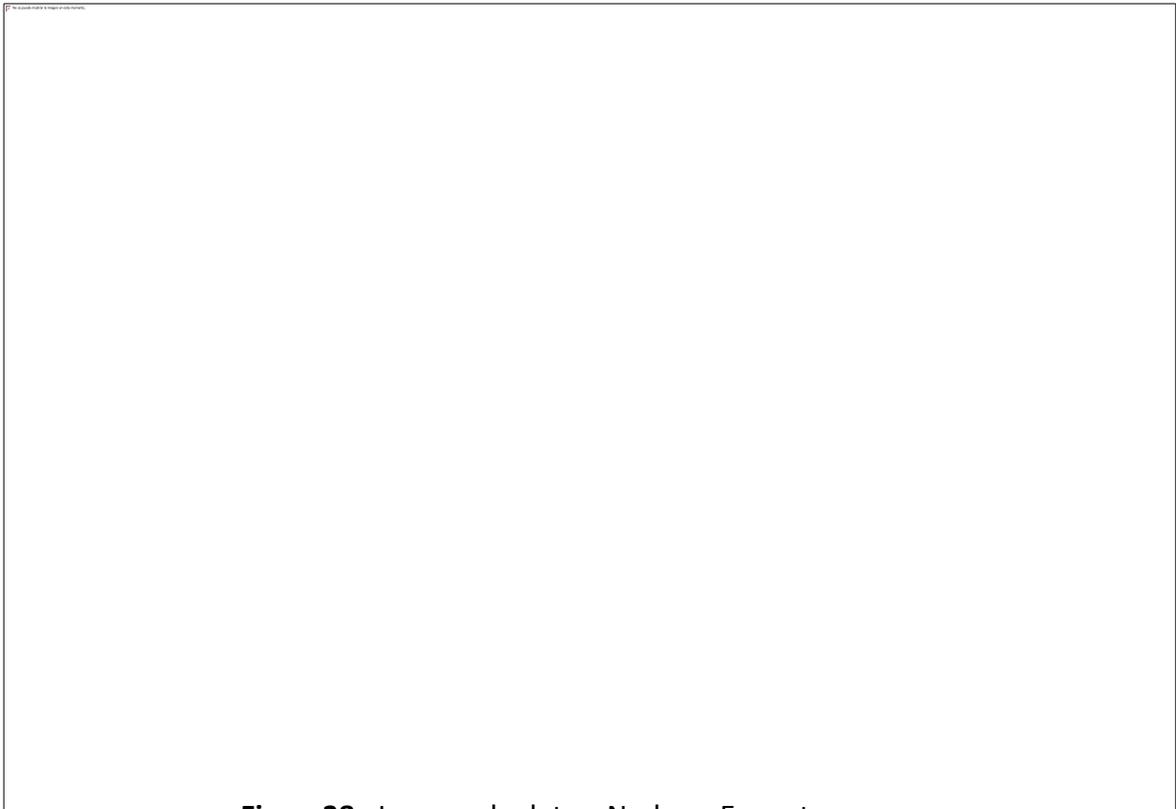


Figura38. Ingreso de datos Nudos a Epanet.
Fuente: Elaborado por los autores.

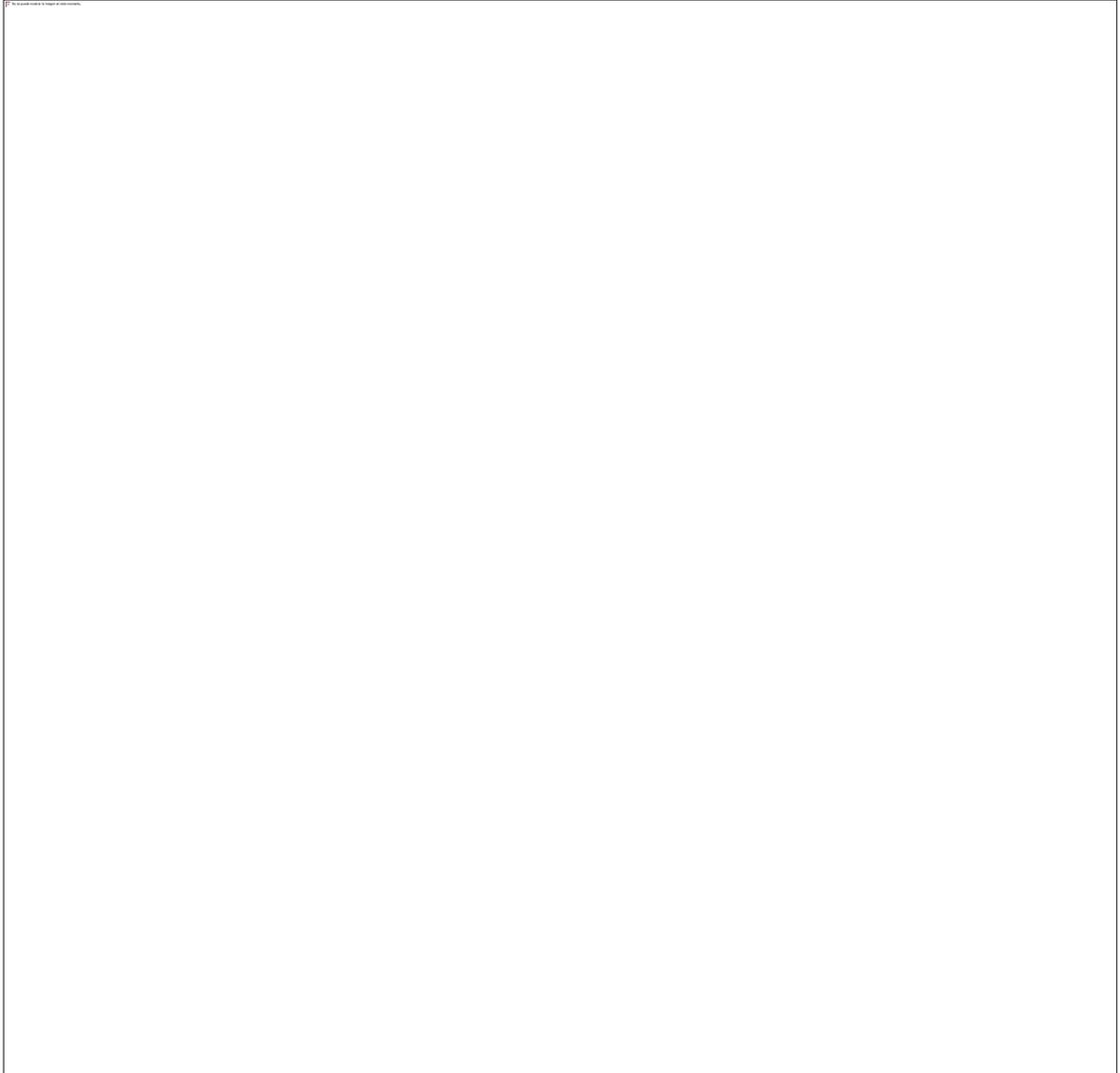


Figura39. Ingreso de datos tuberías a Epanet.

Fuente: Elaborado por los autores.