



Pontificia Universidad
Católica del Ecuador

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

CARRERA INGENIERÍA HIDRÁULICA

SEDE MANABÍ

TRABAJO DE TITULACIÓN:

LA RELACIÓN DEL PH Y EL CLORO RESIDUAL EN LA
POTABILIZACIÓN DEL AGUA EN LA PLANTA CUATRO ESQUINAS
DEL CANTÓN PORTOVIEJO, PROVINCIA DE MANABÍ

PREVIO AL TÍTULO DE:

INGENIERA HIDRÁULICA

AUTORA:

MOREIRA MACÍAS ANA BELÉN

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN:

ING. MICHEAL DAVID CAICEDO TORO. MG. SC.

JUNIO 2020

PORTOVIEJO, ECUADOR

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

En mi calidad de tutor del trabajo de integración curricular, certifico haber revisado el presente manuscrito de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí, cumpliendo la Normativa del Trabajo de Integración Curricular; en consecuencia, es apto para su presentación y sustentación.

Ing. Micheal David Caicedo Toro. Mg. Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

ACTA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El jurado examinador aprueba el presente trabajo de integración curricular en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Manabí.

Ing. Micheal David Caicedo Toro. Mg. Sc.

PRIMER LECTOR

Ing. José Ramón Alarcón Mtr.
131128820-1
SEGUNDO LECTOR

Ing. Fabián Espinales, Mg.
130659765-7
TERCER LECTOR

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Este manuscrito no contiene ningún tipo de material que ha sido aceptado para la obtención de un título universitario en otra institución, excepto en forma de información de soporte que ha sido debidamente citada en mi trabajo. Este trabajo es de total responsabilidad de la autora, quien declara bajo juramento que ninguna sección de este trabajo de integración curricular infringe los derechos de autor de nadie.

Portoviejo, junio 2020



f. _____
Ana Belén Moreira Macías
C.C: 1350225619
Dir.: Cda. Luz de América, calle Los Álamos
e-mail: anashanik08@hotmail.com
+593 967028708

DECLARACIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a distribuir este manuscrito de investigación en medios físicos y electrónicos con el fin de promover la divulgación de mis resultados a la comunidad científica y a la sociedad en general. Adicionalmente autorizo el uso de los contenidos de esta investigación como bibliografía para fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, citando como fuente de información al autor de este trabajo.



Ana Belén Moreira Macías
C.C.: 1350225619

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación se lo dedico primeramente a nuestro supremo el procreador de todas las cosas Dios, quien me lleno de fuerza, sabiduría y fortaleza para afrontar este reto de mi vida estudiantil y así poder culminar unos de mis sueños. A mis valiosos tesoros que es mi hija y mi esposo gracias a él por su apoyo incondicional sobre mi trayectoria estudiantil. Y por último a mis pilares importantes mis padres por brindarme sus consejos a diarios, su amor y sobre todo apoyo incondicional. A todos ellos quien confiaron en mí y en mi anhelado logro.

Ana Belén Moreira Macías

AGRADECIMIENTO

Mi eterno agradecimiento para el ser supremo Dios, por haberme permitido culminar una etapa de mi vida profesional de la mejor manera llena de salud, bondad y amor. Esta investigación fue el resultado de todo mi tiempo y esfuerzo por los autores. Por eso agradezco al Ing. Michael Caicedo Toro tutor de la tesis propuesta por el apoyo brindado y sobre todo su paciencia, tiempo y conocimientos compartidos. También a mi marido la cual siempre puede contar con su apoyo siempre.

Ana Belén Moreira Macías

Resumen

Esta investigación descriptiva-experimental realizó un análisis del potencial de hidrógeno (pH) y cloro residual en la potabilización del agua en la planta de tratamiento Cuatro Esquinas, Portoviejo, Manabí, en respuesta a la necesidad de mejoras en la calidad del agua, que contribuya a la solución de problemas de salud causados por agentes patógenos. Actualmente, existen diferentes metodologías para medir la actividad microbiana y los parámetros físicos y químicos del agua. Así, este estudio se desarrolló durante 3 meses consecutivos en el periodo noviembre 2019 - enero 2020; se realizaron análisis de agua evaluando parámetros microbiológicos como la *Giardia* (mg/L) y coliformes fecales (NMP/100ml) mediante ampollas de vidrio de caldo *m-ColiBlue24*, y parámetros físicos como el pH y cloro residual, debido a su influencia en la coagulación y desinfección del agua tratada para mantener los estándares. El cloro residual fue analizado mediante el reactivo Dietil-p-fenilendiamina (PPD1/PPD3). Los resultados revelan que a medida que el pH se incrementa, el cloro diatómico (Cl_2) disminuye, siendo su relación inversamente proporcional y no mostrando el equilibrio respectivo. Los resultados de los parámetros microbiológicos estudiados denotan una incidencia de 1200 mg/L de coliformes en el mes de enero, siendo el límite máximo menor a 1,1 mg/L. Se concluye que el tratamiento del agua en esta planta de tratamiento no es totalmente adecuado porque no se mantienen los parámetros dentro del rango permitido. Se sugiere realizar cambios en el proceso de potabilización del agua.

Palabras clave: calidad del agua, pH, cloro residual, parámetros microbiológicos, tratamiento

Abstract

This descriptive-experimental research study carried out an analysis of the potential of hydrogen (pH) and residual chlorine in the water treatment process at *Cuatro Esquinas* Water Treatment Plant, in Portoviejo, Manabí, to meet the need for water quality improvements that may contribute to solutions for health problems caused by pathogens. Nowadays, different types of methods are used to measure both microbial activity and physical and chemical properties of water. For that reason, this study was carried out over a three-month period from November 2019 through January 2020. There were performed some analyses to assess both microbiological parameters such as *Giardia* (mg / L) and fecal coliforms (NMP / 100 ml), using m-ColiBlue24 Broth glass ampules, and physical parameters such as pH and residual chlorine, because of their influence on coagulation and disinfection of drinking water to meet quality standards. Residual chlorine was measured using Diethyl-p-phenylenediamine (PPD1 / PPD3). The findings reveal that as pH increases, diatomic chlorine (Cl₂) decreases, being their relationship inversely proportional and without showing the respective balance. The results of microbiological parameters show an incidence of 1200 mg / L of coliforms in January, with the maximum limit being less than 1.1 mg / L. It is concluded that the water treatment process is not completely suitable at this plant, because microbiological and physical parameters do not lie on the boundary of their allowed range. It is recommended making some changes in the process of treating water.

Keywords: water quality, pH, residual chlorine, microbiological parameters, treatment

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	i
ACTA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	ii
DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD.....	iii
DECLARACIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT	viii
INTRODUCCIÓN	1
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	8
CONCLUSIONES	19
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20
ANEXOS.....	22

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No. 1: Características físicas, sustancias inorgánicas y radiactivas	6
Tabla No. 2: Requisitos Microbiológicos	7
Tabla No. 3: Condición del Agua Cruda.....	8
Tabla No. 4: Análisis del Ph y Cloro Residual	11
Tabla No. 5: Análisis por fecha del Ph y Cl2 libre	12
Tabla No. 6: Comparación de parámetros.....	15
Tabla No. 7: Resumen mensual de los parámetros Microbiológicos.....	17

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico No. 1: Análisis de los parámetros físicos del agua cruda	9
Gráfico No. 2: Análisis de los parámetros químicos del agua cruda	10
Gráfico No. 3: Análisis del Ph y Cloro Residual	12
Gráfico No. 4: Relación entre el Ph y Cl2 libre	14

INTRODUCCIÓN

La calidad del agua potable puede cumplir con la normativa correspondiente en la planta de tratamiento, pero, al transportarse a través del sistema de distribución, la calidad puede deteriorarse (Clark, 2011). Para evitar este problema es indispensable controlar la calidad de la misma dentro del abastecimiento teniendo en cuenta cada uno de los procesos y factores que afectan a la calidad del agua en su distribución.

Varios estudios han demostrado la importancia de tratar el agua adecuadamente ante la presencia de cloro residual, antecedentes previos demuestran la eficacia de modelos de decaimiento de cloro en el agua transportada por tuberías, teniendo en cuenta la concentración inicial en la planta potabilizadora. (Norton y Le Chevallier, 1997; Nejjari et al., 2014).

Los modelos matemáticos de la calidad del agua en las redes de distribución son una herramienta para predecir la concentración del cloro en todos los puntos de la red y para cualquier instante del día, en escenarios distintos de operación, permitiendo tener un control sobre la desinfección con cloro desde la planta de tratamiento hasta los domicilios de los consumidores del agua potable (Alcocer, et. al., 2004).

Uno de los parámetros imprescindibles para evaluar la calidad del agua, es el cloro residual, cuya concentración debe estar en el rango de 0,3 – 1,5 mg/L con el propósito de mantenerla libre de agentes microbiológicos que causan efectos nocivos al ser humano (INEN, 2010).

La creciente importancia de la conservación de los recursos naturales ha generado que el hombre busque métodos para provecharlos de manera adecuada, siendo el agua, el recurso de vital importancia de estudio.

El pH es un importante parámetro operativo de la calidad del agua. Las aguas demasiado ácidas disuelven los metales empleados en las conducciones (plomo, cobre, zinc), los cuales, al ser ingeridos, afectan negativamente la salud. El pH aceptable para agua potable varía entre 6.5 a 7.2 como valor guía (Jiménez, 2001). Según Galvín (2003), para las aguas de consumo humano, los valores extremos pueden causar irritación en las mucosas, irritación en órganos internos y hasta procesos de ulceración.

La problemática planteada en esta investigación surge de las necesidades de conocer los parámetros actuales entre la relación del pH y el cloro residual en la potabilización del agua en la Planta de tratamiento Cuatro Esquinas del cantón Portoviejo, provincia de Manabí. Esta investigación beneficia directamente a la población del cantón Portoviejo, porque se presentó un estudio minucioso de la calidad del líquido vital que se consume y por ende promoverá la mejora continua de la calidad de vida y salud de la comunidad en general.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Oe1: Establecer en qué situaciones llega el agua cruda a la Planta Cuatro Esquinas.

La evaluación de la calidad del agua es un proceso de enfoque múltiple que estudia la naturaleza física, química y biológica del agua con relación a la calidad natural, efectos humanos y acuáticos relacionados con la salud (FAO 1993). El análisis de cualquier agua revela la presencia de gases, elementos minerales, elementos orgánicos en solución o suspensión y microorganismos patógenos. Los primeros tienen origen natural, los segundos son procedentes de las actividades de producción y consumo humano que originan una serie de desechos que son vertidos a las aguas para su eliminación (Sáenz 1999).

Sin la seguridad de tener acceso a agua de calidad, los humanos no podríamos sobrevivir por mucho tiempo. Las enfermedades relacionadas con el agua están entre los más comunes malestares (ONU/WWAP 2003).

Para el cumplimiento de este objetivo se realizaron pruebas de laboratorio del agua cruda que llega a la Planta de Tratamiento “Cuatro Esquinas” para dar a conocer la calidad de agua que se trata en la misma.

Oe2: Señalar la relación entre el pH y la presencia del cloro residual mediante análisis físicos y químicos en planta de tratamiento.

La escala del pH nos sirve para medir la acidez o la base del agua. Así mismo nos permite ver la cantidad de iones de hidrógenos en el agua. Generalmente la escala del pH va desde 0 hasta 14 y el pH de 7 es neutral.

Un ácido se define como una sustancia que dona o sede un ion hidrogeno en una reacción química. Una base es simplemente lo contrario, es una sustancia que acepta un ion hidrogeno en una reacción química (Phillips, 2012).

El pH es un parámetro más importante utilizado en la evaluación de las propiedades corrosivas en el agua. Asimismo, es importante para el funcionamiento efectivo de los procesos de tratamiento de aguas. (Raffo, 2013).

El agua con un gran contenido de pH, es decir el agua dura, contiene una alta concentración de minerales disueltos siendo está sana para el organismo, pero al mismo tiempo dañina para algunas otras superficies.

A diferencia del agua con un bajo contenido de pH, es decir, el agua suave, que tiene una gran concentración de metales como pueden ser el magnesio y el hierro, siendo estos metales corrosivos. Un alto o bajo pH puede llegar a romper el balance de los químicos en agua y movilizar a los contaminantes, causando condiciones tóxicas (The Water & Coffee Company, 2015).

El ajuste químico del pH permite reducir la capacidad corrosiva del agua y evitar las incrustaciones (Casey, 2009), siendo la solución más común, de fácil aplicación y de bajo costo, comparada con la rehabilitación de los Sistemas de Distribución de Agua – SDA (De Sousa et al. 2010). Los métodos de monitoreo y de medición del proceso de ajuste del pH pueden ser directos o indirectos; los directos (inspección física, análisis químico y técnicas microscópicas) proporcionan información sobre la situación actual de la sección de tubería analizada, siendo necesario realizar varios análisis, que evalúen el estado del SDA; estos métodos requieren de inspección continua, al menos de 90 días, con personal capacitado, equipos especializados y análisis de laboratorio, que generan mayores costos en la evaluación del proceso de ajuste del pH (Schock, 2002).

Métodos de medición del pH

- **Papel tornasol**

El papel tornasol o papel pH es utilizado para medir la concentración de iones hidrógenos contenido en una sustancia o disolución. Mediante la escala de pH, la cual es clasificada en distintos colores y tipos.

- **Potenciómetro**

Es un sensor utilizado en el método electroquímico para medir el pH de una disolución. Consiste en medir el potencial que se desarrolla a través de una fina membrana de vidrio que separa dos soluciones con diferente concentración de protones.

Por otro lado, el cloro es un elemento químico, su simbología es (Cl), peso atómico 35.45, número atómico es 17. El cloro es un gas con un olor muy irritante. Se usa en la producción de miles de productos. También se usa para desinfectar el agua, aunque el cloro mismo se transforma rápidamente en otras sustancias químicas como (ácido hipocloroso y anión hipoclorito), que son las que en realidad desinfectan el agua.

La desinfección con cloro es un proceso químico que mata organismos patógenos, existen dos tipos de desinfección por cloro: la primaria, donde se matan los organismos y la secundaria

que mantiene un desinfectante residual para prevenir el crecimiento de más microorganismos en el sistema de distribución de agua (Arellano, 2002).

Cloro libre o residual ´

Concentración de cloro existente en cualquier punto del sistema de abastecimiento de agua, después de un tiempo de contacto determinado analizada en el cálculo de la acción de control por aplicar.

El cloro residual libre en el agua de consumo humano se encuentra como una combinación de hipoclorito y ácido hipocloroso, en una proporción que varía en función del pH. El cloro residual combinado es el resultado de la combinación del cloro con el amonio (cloraminas), y su poder desinfectante es menor que el libre. La suma de los dos constituye el cloro residual total. La Organización Mundial de la Salud (OMS) señala que no se ha observado ningún efecto adverso en humanos expuestos a concentraciones de cloro libre en agua potable. No obstante, establece un valor máximo de cloro libre de 5 miligramos por litro, y afirma explícitamente que se trata de un valor conservador.

Cloro combinado: Tiene un poder desinfectante muy bajo y su presencia causa irritaciones y malos olores. La combinación de cloro libre con el amoníaco y la materia orgánica nitrogenada que contiene el agua, da lugar al cloro combinado (cloraminas).

Cloro total: La suma de cloro libre y el cloro combinado da como resultado el cloro total. El cloro total no debe sobrepasar más del 0,6 mg/l del nivel de cloro residual libre.

Dosificación de cloro

El hipoclorito de sodio es un líquido que se puede obtener en concentraciones desde 0.5% hasta un 10%. En concentraciones mayores al 10% es inestable. Algunos productos comerciales de hipoclorito de sodio pueden contener otras sustancias no aptas para desinfección de agua de consumo humano, antes de su uso deberá observarse las indicaciones del fabricante. El hipoclorito de sodio es la solución más fácil de dosificar y más cómoda de utilizar en el ámbito domiciliario para desinfección del agua de consumo humano. La dosis recomendada para desinfección sobre entre 0,3 a 1,5 mg/l para agua de consumo humano y la dosis a emplear dependerá de la cantidad o turbiedad del agua hasta 2mg/l. Se utilizan dosis mayores de 4 mg/l para aguas turbias y muy contaminadas, sin embargo, a esas concentraciones el agua tendría un sabor muy fuerte y desagradable, por lo que se recomienda que el agua turbia primero se filtre (puede utilizar una tela) hasta conseguir una disminución suficiente de la turbidez y luego se

utilicen dosis normales sugeridas. Se recomienda que el nivel de cloro libre se mantenga entre 0.5 y 1mg/l para evitar un sabor desagradable del agua. (MSP, 2010).

Relación de pH con Cl

Hay efectos del cloro que son potenciados por el pH, efectos del pH que son potenciados por el cloro, y viceversa.

Por si esto fuera poco, también hay otros factores que influyen en esta combinación, como puede ser la alcalinidad, la dureza, el cloro libre, el cloro combinado, los metales disueltos, etc.

Estos factores pueden provocar problemas en el agua difíciles de diagnosticar.

Lo importante es ajustar perfectamente el cloro y el pH, y si se mantienen otros síntomas, ir comprobando otros valores.

En la mayoría de los casos, con estos dos valores bien ajustados, el agua estará en perfectas condiciones.

Además, para el adecuado cumplimiento de este objetivo se empleó la siguiente fórmula:

$$VCl = \frac{Vol * d}{\% * 10}$$

Donde:

VCl: Volumen del Cloro (ml).

Vol: Volumen del tanque (litros).

d: Dosificación del cloro.

%: Porcentaje de cloro

Oe3: Proponer mediante este trabajo de investigación parámetros a ser utilizados en la planta de tratamiento.

De acuerdo a la norma NTE INEN 1108 los parámetros y requisitos básicos para su adecuado consumo son los siguientes.

Tabla No. 1: Características físicas, sustancias inorgánicas y radiactivas

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		
Antimonio, Sb	mg/l	0,02
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	2,4
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN ⁻	mg/l	0,07
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 a 1,5 ¹⁾
Cobre, Cu	mg/l	2,0
Cromo, Cr (cromo total)	mg/l	0,05
Fluoruros	mg/l	1,5
Mercurio, Hg	mg/l	0,006
Níquel, Ni	mg/l	0,07
Nitratos, NO ₃ ⁻	mg/l	50
Nitritos, NO ₂ ⁻	mg/l	3,0
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Radiación total α *	Bq/l	0,5
Radiación total β **	Bq/l	1,0
Selenio, Se	mg/l	0,04
¹⁾ Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos * Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ²¹⁰ Po, ²²⁴ Ra, ²²⁶ Ra, ²³² Th, ²³⁴ U, ²³⁸ U, ²³⁹ Pu ** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ⁶⁰ Co, ⁸⁹ Sr, ⁹⁰ Sr, ¹²⁹ I, ¹³¹ I, ¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs, ²¹⁰ Pb, ²²⁸ Ra		

Fuente: Norma NTE INEN 1108

Oe4: Analizar los parámetros microbiológicos del agua receptada a la entrada y salida de la planta de tratamiento.

De acuerdo a la norma NTE INEN 1108 los parámetros y requisitos microbiológicos para el agua de consumo humano son los detallados a continuación.

Tabla No. 2: Requisitos Microbiológicos

	Máximo
Coliformes fecales ⁽¹⁾ :	
- Tubos múltiples NMP/100 ml ó	< 1,1 *
- Filtración por membrana UFC/ 100 ml	< 1 **
<i>Cryptosporidium</i> , número de ooquistes/100 litros	Ausencia
<i>Giardia</i> , número de quistes/100 litros	Ausencia
* < 1,1 significa que en el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20 cm ³ ó 10 tubos de 10 cm ³ ninguno es positivo ** < 1 significa que no se observan colonias (1) ver el anexo 1, para el número de unidades (muestras) a tomar de acuerdo con la población servida	

Fuente: Norma NTE INEN 1108

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Oe1: Establecer en qué situaciones llega el agua cruda a la Planta Cuatro Esquinas.

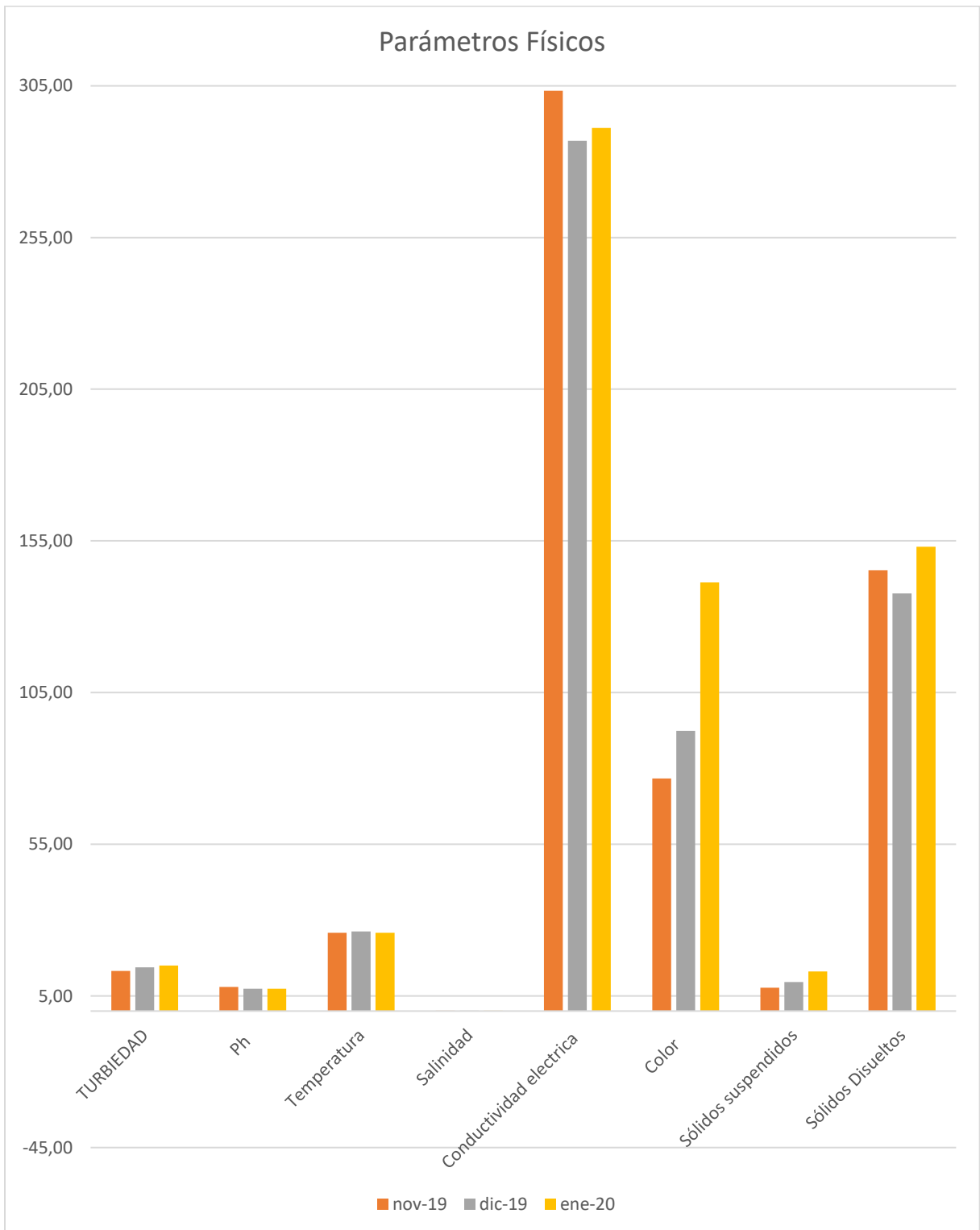
En el presente apartado se muestra el resumen mensual de los parámetros estudiados en el agua Cruda de la Planta de Tratamiento “Cuatro Esquinas”.

Tabla No. 3: Condición del Agua Cruda

FECHA			nov-19	dic-19	ene-20	
FÍSICOS	TURBIEDAD	I NTU	13,23	14,46	15,03	
		Ph	I pH	7,96	7,39	7,37
		Temperatura	I °C	25,83	26,24	25,84
		Salinidad	I ‰	0,15	0,13	0,13
		Conductividad eléctrica	Us/cm	303,33	286,85	291,13
		Color	PtCo	76,67	92,36	141,36
	SOLIDOS	Suspendidos	mg/L	7,67	9,54	13,04
Disueltos		mg/L	145,30	137,66	153,07	
QUÍMICOS	DUREZAS	Totales	mg/L	283,33	266,51	260,61
		Calcica	mg/L	204,67	185,86	170,91
		Magnesica	mg/L	78,67	88,57	86,74
		Cloruros	mg/L	1,43	1,37	1,36
	Aluminio AL	mg/L	0,03	0,02	0,01	
	Cobre Cu	mg/L	0,04	0,03	0,04	
	Cromo Cr +6	mg/L	0,11	0,04	0,04	
	Hierro Fe	mg/L	0,08	0,09	0,11	
	Nitratos NO3	mg/L	0,90	3,41	2,34	
	Sulfatos SO42	mg/L	23,00	25,04	24,78	
	Zinc Zn	mg/L	0,12	0,03	0,03	
	Fosfatos PO4	mg/L	0,65	1,73	0,81	
	Manganeso Mn	mg/L	0,01	0,02	0,01	
Sulfuro de Hidrogeno SH2	mg/L	0,00	0,02	0,04		

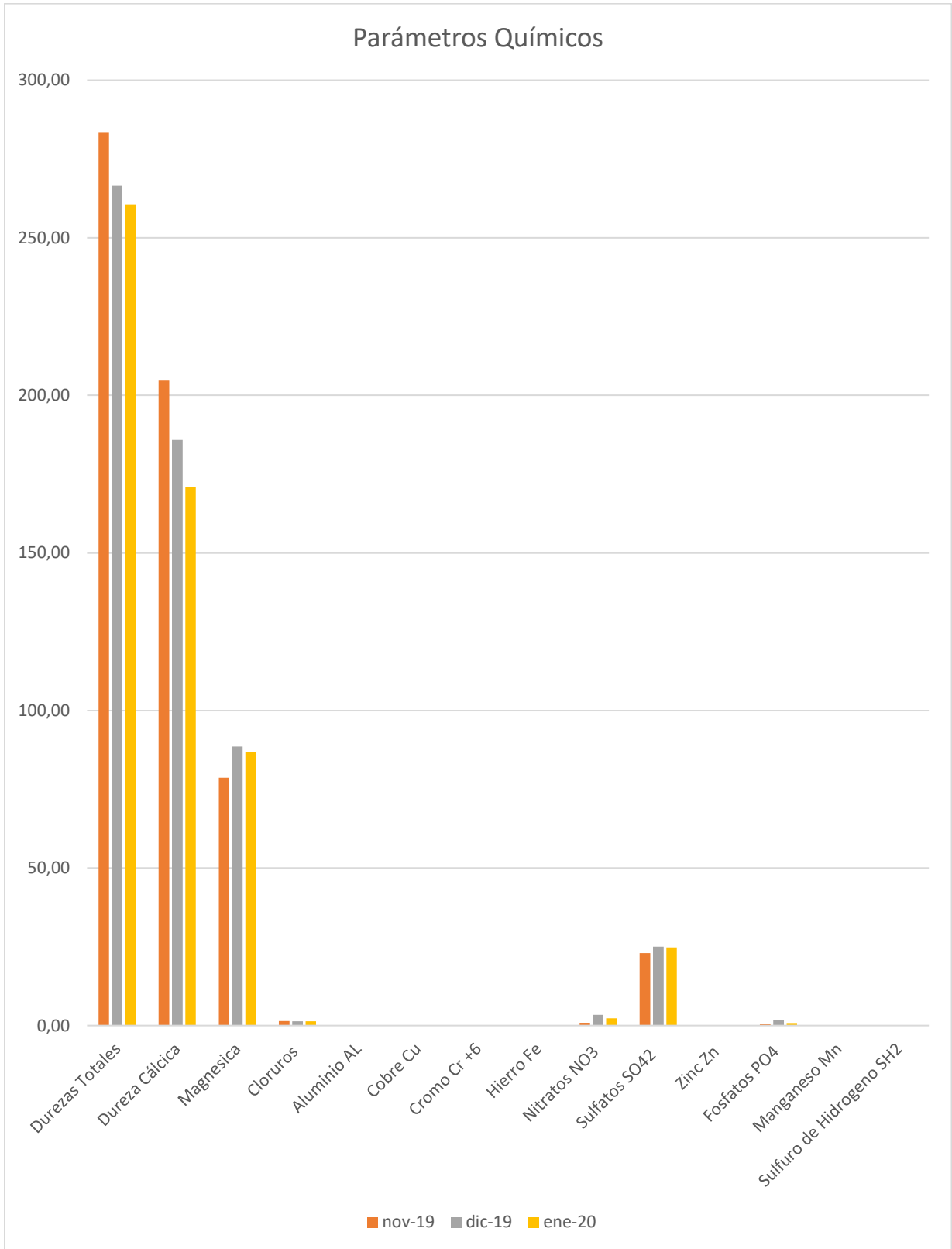
Fuente: Portoaguas E.P.

Gráfico No. 1: Análisis de los parámetros físicos del agua cruda



Fuente: Portoaguas E.P.

Gráfico No. 2: Análisis de los parámetros químicos del agua cruda



Fuente: Portoaguas E.P.

De acuerdo a la normativa INEN 1108, los microorganismos que deben estar presentes en el agua a ser analizada y tratada deben ser mínimos para que así se encuentren por debajo del límite permitido, esto beneficiará a la comunidad mitigando las infecciones provocadas por organismos patógenos presentes en el agua (Nwachuku, 2006). Esto se relaciona con el criterio de Cavallaro (2008) quien hace énfasis al cumplimiento de la normativa para así poder proteger de manera minuciosa los recursos mediante el tratamiento del agua cruda y el control de cada uno de sus procesos, sin embargo, es de suma importancia tener en consideración el estudio del comportamiento de los agentes patógenos que afectan de manera directa al ser humano. En la tabla No. 3 se presentan los resultados de los análisis del agua cruda en la Planta de tratamiento “Cuatro Esquinas”, algunos parámetros presentan un incremento significativo, en otros casos existe una disminución notable del ítem estudiado, lo cual da la pauta para nuevos estudios sobre el comportamiento del agua cruda in situ.

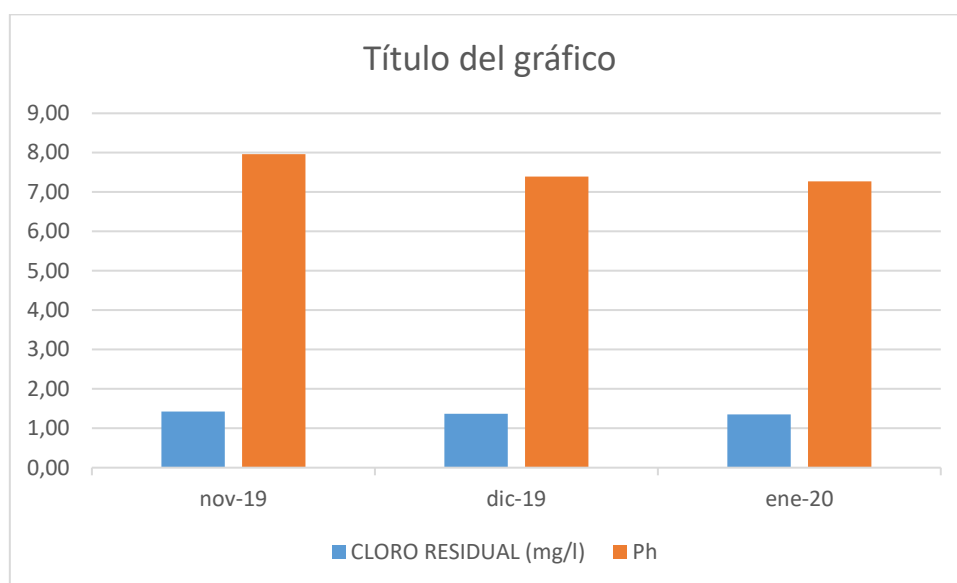
Oe2: Señalar la relación entre el pH y la presencia del cloro residual mediante análisis físicos y químicos en planta de tratamiento.

Tabla No. 4: Análisis del Ph y Cloro Residual

FECHA	nov-19	dic-19	ene-20
COLOR RESIDUAL (mg/l)	1,43	1,37	1,36
Ph	7,96	7,39	7,28

Fuente: Portoaguas E.P.

Gráfico No. 3: Análisis del Ph y Cloro Residual



Fuente: Portoaguas E.P.

Elaboración: Propia de la autora

Tabla No. 5: Análisis por fecha del Ph y Cl2 libre

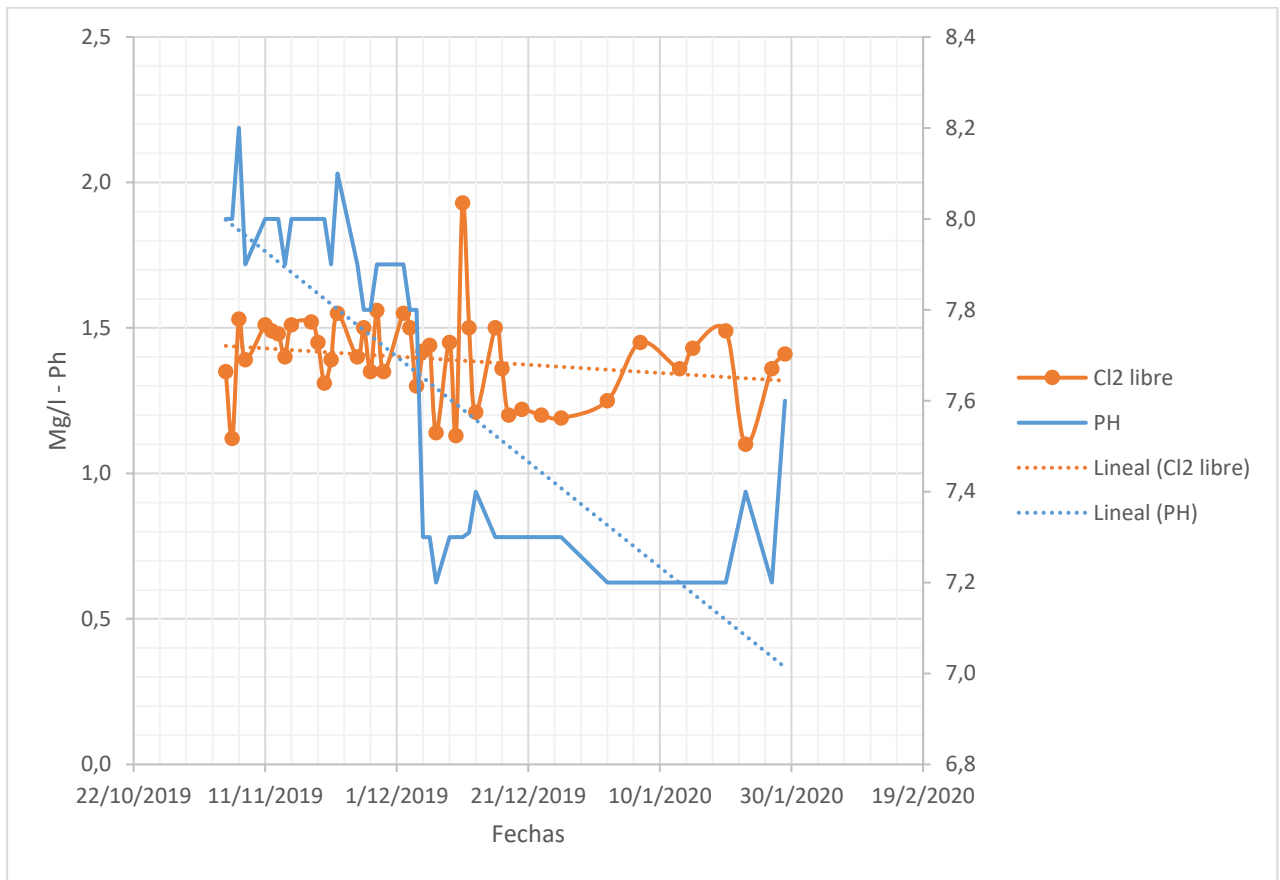
FECHA	PH	Cl2 libre
5/11/2019	8,0	1,4
6/11/2019	8,0	1,1
7/11/2019	8,2	1,5
8/11/2019	7,9	1,4
11/11/2019	8,0	1,5
12/11/2019	8,0	1,5
13/11/2019	8,0	1,5
14/11/2019	7,9	1,4
15/11/2019	8,0	1,5
18/11/2019	8,0	1,5
19/11/2019	8,0	1,5
20/11/2019	8,0	1,3
21/11/2019	7,9	1,4
22/11/2019	8,1	1,6
25/11/2019	7,9	1,4

26/11/2019	7,8	1,5
27/11/2019	7,8	1,4
28/11/2019	7,9	1,6
29/11/2019	7,9	1,4
2/12/2019	7,9	1,6
3/12/2019	7,8	1,5
4/12/2019	7,8	1,3
5/12/2019	7,3	1,4
6/12/2019	7,3	1,4
7/12/2019	7,2	1,1
9/12/2019	7,3	1,5
10/12/2019	7,3	1,1
11/12/2019	7,3	1,9
12/12/2019	7,3	1,5
13/12/2019	7,4	1,2
16/12/2019	7,3	1,5
17/12/2019	7,3	1,4
18/12/2019	7,3	1,2
20/12/2019	7,3	1,2
23/12/2019	7,3	1,2
26/12/2019	7,3	1,2
2/1/2020	7,2	1,3
7/1/2020	7,2	1,5
13/1/2020	7,2	1,4
15/1/2020	7,2	1,4
20/1/2020	7,2	1,5
23/1/2020	7,4	1,1
27/1/2020	7,2	1,4
29/1/2020	7,6	1,41

Fuente: Portoaguas E.P.

Elaboración: Propia de la autora

Gráfico No. 4: Relación entre el Ph y Cl2 libre



Fuente: Portoaguas E.P.

Elaboración: Propia de la autora

Uno de los parámetros mayormente estudiados y controlados en la Planta de Tratamiento “Cuatro Esquinas” es el Potencial de Hidrógeno (Ph), ya que, es uno de los factores influyentes en la coagulación química existente en el agua tratada. El cloro residual también es un factor controlado de manera minuciosa acorde a la norma (Vargas, 2004), este factor se encuentra presente en el agua en la etapa final, cuando se han eliminado los microorganismos en el agua (CEPIS, 2002).

En el gráfico No. 4 correspondiente a la relación del Ph y el cloro residual se puede observar de manera directa que a medida que el Ph sube, el Cl₂ libre baja respectivamente, siendo su relación inversamente proporcional, de ahí la importancia de mantener niveles equilibrados de ambos parámetros.

Es importante resaltar que el Ph no tiene ningún efecto directo en la salud del ser humano, sin embargo, influye en cada uno de los procedimientos dentro de la planta tales como la coagulación y desinfección. El Ph del agua está controlado por el equilibrio alcanzado por los compuestos disueltos en el sistema. En las aguas naturales, el pH es principalmente función del sistema de carbonatos. El agua con bajo pH puede corroer las tuberías de distribución, lo que implica que algunas sustancias, principalmente iones metálicos, pueden entrar en el agua tratada (Spellman & Drinan, 2004).

Oe3: Proponer mediante este trabajo de investigación parámetros a ser utilizados en la planta de tratamiento.

En esta sección se detallan los parámetros medidos en la Planta de Tratamiento “Cuatro Esquinas” en comparación con la Normativa INEN 1108.

Tabla No. 6: Comparación de parámetros

PARÁMETRO	UNIDAD	Límite máximo permitido (NORMA INEN 1108)	Límite máximo permitido (PORTOAGUAS EP)
Características físicas			
Color	-	15	< 0.75
Turbiedad	-	5	5
Olor	-	no objetable	no objetable
Sabor	-	no objetable	no objetable
Inorgánicos	-		
Antimonio, Sb	mg/l	0,02	no objetable
Arsénico, As	mg/l	0,01	no objetable
Bario, Ba	mg/l	0,7	0,7
Boro, B	mg/l	2,4	2,4
Cadmio, Cd	mg/l	0,003	0,003
Cianuro, CN	mg/l	0,07	0,07
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 a 1,5 elevado a 1	2
Cobre, Cu	mg/l	2	2
Cromo, Cr(cromo total)	mg/l	0,05	0,05
Fluoruros	mg/l	1,5	1,5
Mercurio, Hg	mg/l	0,006	0,006
Níquel, Ni	mg/l	0,07	0,07
Nitratos, NO3	mg/l	50	50
Nitritos, NO2	mg/l	3	3

Plomo, Pb	mg/l	0,01	0,01
Radiación total a*	Bg/l	0,5	no objetable
Radiación total B**	Bg/l	1	no objetable
Selenio, Se	mg/l	0,04	0,04

Fuente: Portoaguas E.P., Normativa INEN 1108

Elaboración: Propia de la autora

El agua se considera apta para la salud o de buena calidad cuando no contiene agentes patógenos ni contaminantes que afectan de manera adversa al ser humano. Para poder lograr este estado del agua, ésta debe ser sometida a controles y procesos sanitario y de potabilización basados en la norma, los límites permitidos son aquellos que viabilizan su uso, determinando así la calidad óptima del agua. (López, 2002). En la tabla No. 5 se observan los parámetros establecidos por la Norma INEN 1108 y los medidos en la Planta de Tratamiento “Cuatro Esquinas”, es claro que, algunos parámetros se omiten dado el caso que existe ausencia de los reactivos correspondientes para su adecuado análisis.

Por medio de la evaluación de cada indicador, sea éste físico, químico o biológico, ya sea de forma individual o grupal se valora la calidad del agua, mediante estos parámetros se puede obtener información sobre la naturaleza de las propiedades físicas y químicas del agua no tratada y tratada, esta información es indispensable para lograr una completa evaluación del recurso hídrico. (Orozco, Et. Al., 2005).

A falta de recursos, tanto a nivel financiero como de equipamiento la Planta de Tratamiento de agua potable “Cuatro Esquinas” no realizan el proceso de medición del Ph de manera adecuada, sino más bien se lo realiza de manera empírica, se recomienda en esta sección mejorar este proceso mediante el potenciómetro.

Oe4: Analizar los parámetros microbiológicos del agua receptada a la entrada y salida de la planta de tratamiento.

Los parámetros microbiológicos analizados en la Planta de Tratamiento “Cuatro Esquinas” comprenden la Giardia y Coliformes Fecales, a continuación, se presenta un cuadro y gráfico del resumen mensual de dichos parámetros mismos que abarcan los meses de noviembre, diciembre del 2019 y enero del 2020.

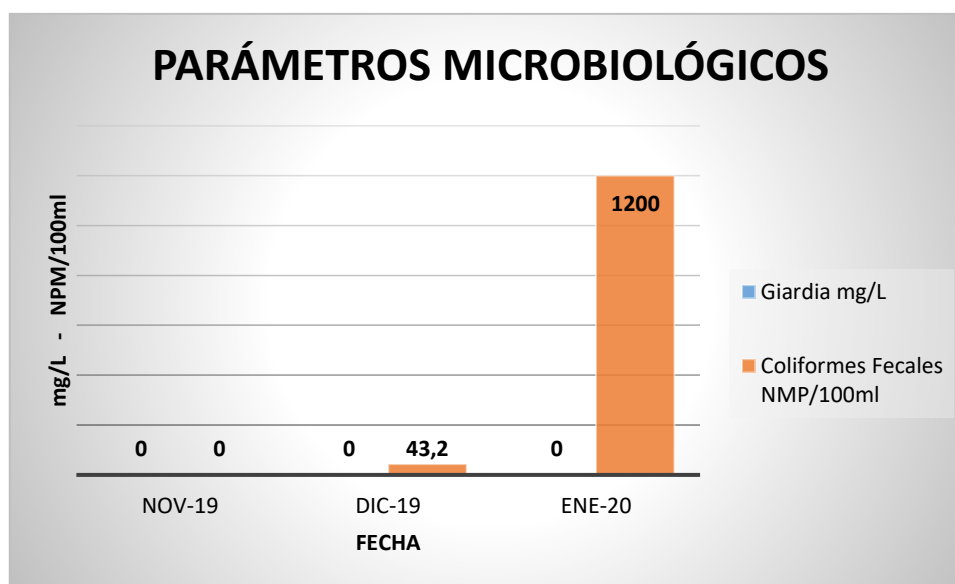
Tabla No. 7: Resumen mensual de los parámetros Microbiológicos

FECHA	Giardia mg/L	Coliformes Fecales NMP/100ml	CUMPLE
11/2019	0,00	0,00	SÍ
12/2019	0,00	43,20	NO
01/2020	0	1200	NO

Fuente: Planta de Tratamiento “Cuatro Esquinas”

Elaboración: Propia de la autora

Gráfico No. 5: Resumen mensual de los parámetros Microbiológicos



Fuente: Planta de Tratamiento “Cuatro Esquinas”

Elaboración: Propia de la autora

Como se puede observar, la planta de Tratamiento “Cuatro Esquinas” presentó problemas con los agentes microbiológicos en el mes de diciembre del año 2019 con un valor de 43,20 NMP/100ml (Determinación del número más probable) en coliformes fecales y en el mes de enero del 2020 este valor se incrementó a 1200 NPM/100ml lo cual representa una alerta a la calidad del agua de la planta de tratamiento.

Es importante resaltar que el género *Pseudomonas*, que corresponde al grupo de los coliformes fecales posee una capa de polisacáridos que actúa como barrera fisicoquímica capaz de protegerla del efecto del cloro residual. Normalmente se aísla mediante destiladores, tanques y redes óptimas de agua potable, sin embargo, esta especie muestra una clara resistencia a procesos de desinfección. Su resistencia al cloro es superior a la de otros microorganismos aislados del agua; además, su característica más importante es su capacidad de inhibir coliformes que, al ser indicadores de contaminación de agua más comúnmente usados en el mundo, existe gran probabilidad de consumir agua con índice de coliformes cero, que podrían estar inhibidos por microorganismos del género *Pseudomonas*. Se considera por tanto que, aun cuando las aguas tratadas muestren estar libres de coliformes no se puede asegurar su potabilidad. (Marchand, 2002).

Con base en los criterios mencionados los indicadores microbiológicos de contaminación del agua generalmente han sido bacterias de la flora saprófita intestinal, entre las que se encuentran *Bacteroides fragilis*, bacterias mesófilas, coliformes totales, y fecales, *Escherichia coli* y estreptococos fecales. Algunas de estas, de origen animal, representan un alto potencial zoonótico, siendo abundantes estreptococos fecales y parásitos como *Giardia intestinalis* y *Cryptosporidium spp.*, que tienen una mayor resistencia a los procesos de tratamiento y desinfección del agua para consumo humano (Robertson, 2006; Kim, 2014).

En base a la relación Ph-Cloro residual se observó un Ph bajo, lo cual desfavorece la inyección de cloro en el agua tratada, por ello se observan valores elevados fuera del rango permitido de coliformes fecales y *Giardia*, correspondientes a los análisis microbiológicos realizados en la planta de tratamiento “Cuatro Esquinas”.

CONCLUSIONES

- Los parámetros del agua cruda que llega a la Planta de tratamiento “Cuatro Esquinas” llega en condiciones extremadamente inadecuadas con respecto a turbiedad, durezas y coliformes, lo cual dificulta su tratamiento, sin embargo, es indispensable el análisis diario de ésta para lograr tratarla de manera eficaz.
- El Potencial de Hidrógeno y el Cloro residual del agua tratada en la Planta de tratamiento “Cuatro Esquinas” son dos factores indispensables en el estudio del agua potable, ya que favorecen la desinfección e inciden en la coagulación de la misma, provocando así una mejora en la calidad del agua o un déficit si éstos parámetros se encuentran fuera de rango.
- Los parámetros tomados en consideración en la Planta de tratamiento “Cuatro Esquinas” se encuentran en la normativa INEN 1108, sin embargo, se omiten algunos por la falta de reactivos necesarios para su análisis, lo que dificulta la realización de la evaluación completa del agua tratada.
- Los parámetros microbiológicos, de acuerdo a la normativa vigente de agua potable deben ser nulos, en los meses estudiados el agua de la Planta de Tratamiento, se pudieron observar diferentes variaciones de dichos parámetros que afectan y dificultan los procesos realizados en la Planta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcocer-Yamanaka, VH.; Tzatchkov, V.; Arreguín-Cortés, F. 2004. Modelo de la calidad del agua en redes de distribución. *Ingeniería Hidráulica en México* 19: 77-88.
- Arellano, J. (2002). *Introducción a la Ingeniería Ambiental*. México, D. F.: Alfaomega.
- Baque, R. Et. Al. (2016). *Calidad del agua destinada al consumo humano en un cantón de Ecuador*. *Revista Ciencia UNEMI* Vol. 9, N° 20. Facultad de Ciencias Ambientales. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Casey, T.J. 2009. Water stabilisation and corrosion control. *J. Aquavarra Res. R&D Publications (Ireland)*. Paper 2:1-12
- Cavallaro EC, Harris JR, da Goia MS, dos Santos Barrado JC, da Nóbrega AA, de Alvarenga de Junior IC, et al. Evaluation of potchlorination of wells during a cholera outbreak, Bissau, GuineaBissau, 2008.
- CEPIS. (2002). *Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua*. Lima.
- Clark. R. (2011). Drinking Water Distribution Systems: Their Role in Reducing Risks and Protecting Public Health. *Encyclopedia of Environmental Health* 14(1985): 158-166.
- Galvín, R. (2003). *Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos. Tratamiento y control de calidad de aguas*. Madrid: Editorial Díaz de Santos.
- INEN 1108, N. (2010) "Agua Potable. Requisitos.". En Instituto ecuatoriano de normalización.
- Jiménez, B. (2001). *La contaminación ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada*. México: UNAM y FEMISCA
- Kim M, Gutiérrez-Cacciabue D, Schriewer A, Rajal VB, Wuertz S. Evaluation of detachment methods for the enumeration of *Bacteroides fragilis* in sediments via propidium monoazide quantitative PCR, in comparison with *Enterococcus faecalis* and *Escherichia coli*. *J Appl Microbiol* 2014; 117: 1513–22.
- López, M. (2002). *Manual de muestreo*. EMAAP-Q.
- Marchand EO. *Microorganismos indicadores de la calidad de agua de consumo humano en Lima Metropolitana*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2002.

- Nejjari, F; Puig, V; Pérez, R; Quevedo, J; Cugueró, MA; Sanz, G; Mirats, JM. 2014. Chlorine decay model calibration and comparison: Application to a real water network. *Procedia Engineering* 70: 1221-1230.
- Norton, C; LeChevallier, M. 1997. Chloramination: its effect on distribution system water quality. *American Water Works Association* 89(7): 66-76.
- Nwachuku N, Gerba CP. Health risks of enteric viral infections in children. *Rev Env Contam Toxicol [Revista en Internet]* 2006.
- Orozco, Et. Al. (2005). *Congreso Gestión Ambiental*. Revista: Formando investigadores.
- Phillips, J. ". (2012). *Química conceptos y aplicaciones*. México: McGRAW-HILL.
- Raffo, E. (2 de Julio-Diciembre de 2013). *Tratado del agua y la legislación Peruana*. Obtenido de Universidad Nacional Mayor de San Marcos Lima, Perú: <https://www.redalyc.org/pdf/816/81632390013.pdf>
- Robertson LJ, Hermansen L, Gjerde BK. Occurrence of *Cryptosporidium* oocysts and *Giardia* cysts in sewage in Norway. *Appl Env Microbiol* 2006; 72: 5297–303.
- Sáenz, F. (1995). *Identificación de áreas para el manejo de la cuenca del río Pacuare*. Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 145 p.
- Salud, O. O. (Noviembre de 2016). *Organización Mundial de la Salud, OMS*. Obtenido de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs391/es/>
- Schock, M.R. 2002. Corrosión interna y control de deposición. En: Letterman R. *Calidad y Tratamiento del agua: Manual de suministros de agua comunitaria*. 5ª ed. Ed. Mc Graw Hill (España). 1048-1157p.
- Sousa, C.; Correia, A.; Colmenares, M.C. 2010. Corrosión e incrustaciones en los sistemas de distribución de agua potable: Revisión de las estrategias de control. *Bol. Malariología y Salud Ambiental (Venezuela)*. 50(2):187-196.
- Spellman, & Drinan. (2004). *Manual del Agua Potable*. Zaragoza: Acribia S.A.
- The Water & Coffee Company. (2015). Obtenido de <https://www.easywater.es>
- Vargas, L. (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano. Manual I: Teoría*. Lima.

ANEXOS

Anexo No. 1: Oficios y certificaciones

SUB 678



PORTOAGUAS
EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE
AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO
DE PORTOVIEJO EP

PLANTA CUATRO ESQUINAS
PORTOAGUAS2020AAPPMEMO0103

Portoviejo, 07 de Febrero del 2020.

PARA: Ing. Carlos Cedeño
Director de Operaciones y Mantenimiento.

DE: Econ. Julio Guillem.
Jefe de Planta "Cuatro Esquinas".

ASUNTO: Contestación de Sumilla del Oficio de la PUCE.

Por medio de la presente le informo a usted lo siguiente, según sumilla suya en el oficio sin número del Ing. José Alarcón Director de Carrera de Ingeniería Hidráulica de la PUCE, donde él nos solicita la colaboración con la estudiante Ana Belén Moreira en el proceso de Investigación que ella está realizando sobre la Relación del PH y el Cloro Residual en la potabilización del agua en la planta Cuatro Esquinas, le informo lo siguiente:

Se adjunta el informe de la Dra. Grace Álava responsable del laboratorio de la planta, con los resultados solicitados en el oficio antes mencionado, a continuación se detalla en el informe de la Dra.

Particular que informo para los fines pertinentes.

Muy atentamente,



Econ. Julio Guillén Mejía.
JEFE DE PLANTA "CUATRO ESQUINAS"

ELABORADO POR:	Eco. Julio Guillen	JEFE PLANTA CUATRO ESQUINAS	
REVISADO POR:	Eco. Julio Guillen	JEFE PLANTA CUATRO ESQUINAS	



Calle San Francisco, Kilómetro 1 ½ vía a Crucita
Portoviejo, Manabí, Ecuador
19031 151 3701 960
www.portoaguas-ep.gob.ec

PORTOVIEJO
nace
de
ti



PORTOAGUAS

EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE
AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO
DE PORTOVIEJO EP

DIRECCIÓN DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

2020-02-11
Estimado Walter Rosero
Favor continuar a
quien corresponda.
M.S.P

MEMORÁNDUM PORTOAGUAS2020DOMMEM0161
Portoviejo, 10 de febrero del 2020

PARA: Ing. Santiago Perero
GERENTE GENERAL (s)



ASUNTO: Remitiendo informe de muestras solicitadas por PUCE.

En atención a memorándum PORTOAGUAS2020AAPPMEM0103 suscrito por el Jefe de Planta Cuatro Esquinas, se remite resultados de análisis de muestras, solicitados por el Ing. José R. Alarcón Loor, Director de Carrera de Ingeniería Hidráulica PUCE MANABÍ del Agua Cruda (ingresa a la Planta) y Tratada (que se distribuye de la Planta a la ciudad de Portoviejo); los mismos que fueron coordinados con fechas de muestreos con la estudiante Ana Belén Moreira Macías para el proceso de Investigación denominado, "La Relación del pH y Cloro residual en la Potabilización del agua en la Planta Cuatro Esquinas del Cantón Portoviejo, Provincia de Manabí".

Particular que comunico para los fines pertinentes.

Atentamente,


Ing. Carlos Cedeño Farfán,
DIRECCIÓN DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Elaborado por:	Sra. Alba Moreta Giler	
Revisado por:	Ing. Carlos Cedeño Farfán	
No. Trámite:		



Pag 128

PORTOAGUAS2020GEROFI051
 Portoviejo, 12 de febrero de 2020

Ingeniero
 José Alarcón Loor
DIRECTOR DE CARRERA INGENIERÍA HIDRÁULICA
PUCE MANABÍ
 Ciudad.-



En atención a su Oficio Nro. GADMP2020-JPS-OFI023, sírvase encontrar en documento adjunto (copias) el informe técnico referente a la relación del PH y el cloro residual en la planta potabilizadora de agua cuatro esquinas perteneciente a Portoaguas EP, solicitado para el proceso de investigación de la estudiante ANA BELÉN MOREIRA MACÍAS.

Particular que comunico para los fines pertinentes.

Atentamente,


 Ing. Santiago Perero Intriago
GERENTE GENERAL (S) PORTOAGUAS EP

ACCIÓN	NOMBRES	CARGO	
Realizado por	Alba Walter Roldán Vico	Secretaría General	



PORTOAGUAS

EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE
AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO
DE PORTOVIEJO EP

PORTOAGUAS2020LAPMEM0008

Portoviejo, 07 de febrero de 2020.

PARA: JULIO CESAR GUILLEN MEJIA - JEFE DE PLANTA POTB CUATRO ESQUINAS
DE: GRACE ARACELY ALAVA NARANJO - QUIMICO JEFE CONTROL DE CALIDA
RESULTADOS DE ANALISIS DEL AGUA CRUDA Y TRATADA SOLICITADOS POR
ASUNTO: DIRECTOR DE CARRERA INGENIERIA HIDRAULICA PUCE MANABI (Ing. José R.
Alarcón Loor)

Fecha de
Maxima de
Respuesta:

De mis consideraciones:

Adjunto al presente resultados de análisis de muestras tomadas solicitados por el Ing. José R. Alarcón Loor, Director de Carrera de Ingeniería Hidráulica PUCE MANABÍ del Agua Cruda (ingresa a la Planta) y Tratada (que se distribuye de la Planta a la ciudad de Portoviejo); los mismos que fueron coordinados con fechas de muestreos con la estudiante Ana Belén Moreira Macías para el proceso de Investigación denominado "La Relación del pH y Cloro residual en la Potabilización del agua en la Planta Cuatro Esquinas del Cantón Portoviejo, Provincia de Manabí".

Atentamente,


Dra. Grace Alava Naranjo.

QUÍMICA JEFE CONTROL DE CALIDAD


2020-02-07

Anexo No. 2: Resultados analizados en la Planta de Tratamiento “Cuatro Esquinas”

P. 130

Pontificia Universidad Católica del Ecuador **R. 38**

Sede Manabí

Carrera de Ingeniería Hidráulica



*Ed. Julio Guillot
Atarmon
07/01/2020*

Portoviejo, 07 de Enero de 2020

Ing.
Santiago Perero
SUBGERENTE TÉCNICO DE PORTOAGUAS

*2020-07-01
ESTRATGO CARLOS CEDEÑO favor
COORDINAR PARA APOYAR CON
LO QUE SEA POSIBLE A LA PUCETI.*

De mi consideración:

Reciba un cordial saludo de quienes conformamos la carrera de Ingeniería Hidráulica de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador – Sede Manabí, esperando a su vez que sus labores se estén desarrollando con éxito.

La presente misiva, es para poner en su conocimiento que la estudiante ANA BELÉN MOREIRA MACÍAS, con Nº cédula 135022561-9 y código académico HE-438, se encuentra en un proceso de investigación denominado: "LA RELACIÓN DEL PH Y EL CLORO RESIDUAL EN LA POTABILIZACIÓN DEL AGUA EN LA PLANTA CUATRO ESQUINAS DEL CANTÓN PORTOVIEJO, PROVINCIA DE MANABÍ"

Conforme a lo expuesto, debo mencionar que de los trabajos de campo a ejecutar, es necesario la toma de muestras de agua que ingresa y se distribuye de la Planta con sus respectivos análisis; por tal motivo, solicitamos comedidamente poder canalizar a través del departamento técnico correspondiente, la realización de la actividad antes descrita, bajo el siguiente esquema de trabajo:

FECHA	Microbiológico	PH	Cloro residual
2/1/2020	2	2	2
7/1/2020	2	2	2
13/1/2020	2	2	2
15/1/2020	2	2	2
20/1/2020	2	2	2
23/1/2020	2	2	2
27/1/2020	2	2	2
29/1/2020	2	2	2
Total	16	16	16

Atentamente,

[Signature]
ING. José R. Alarcón Loor
DIRECTOR DE CARRERA
INGENIERÍA HIDRÁULICA
PUCE MANABÍ



R19

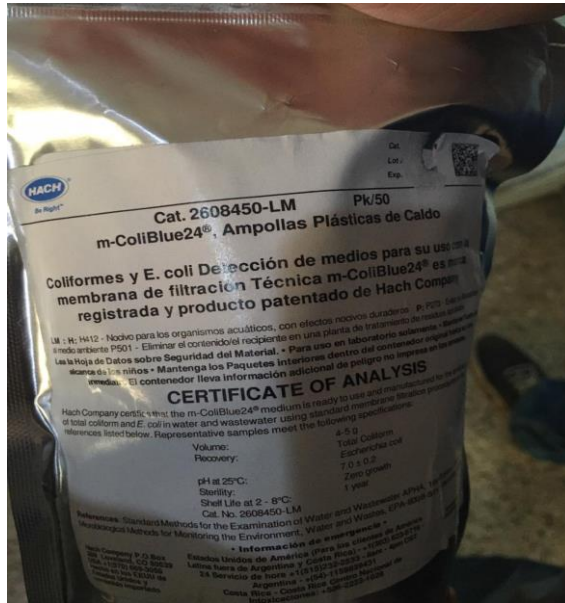
*Recibido
07-01-2020
[Signature]*

PLANTA DE AGUA POTABLE "CUATRO ESQUINAS"
RESULTADOS DE ANALISIS AGUA CRUDA Y TRATADA

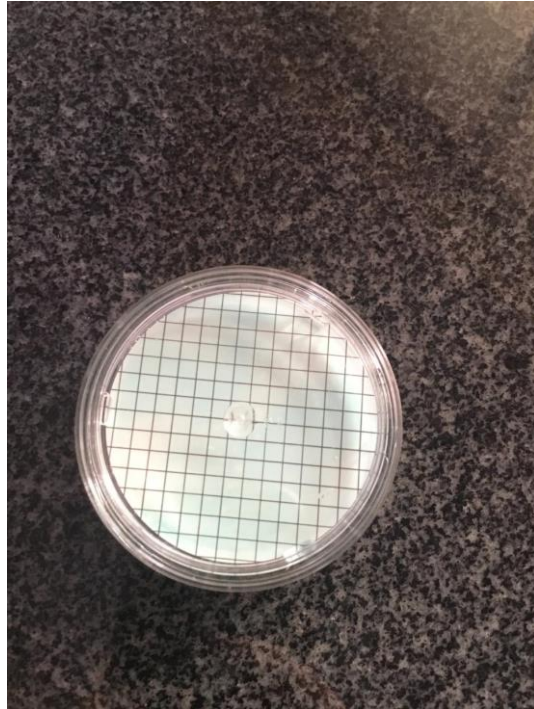
FECHA	MICROBIOLÓGICO		PH		CLORO LIBRE RESIDUAL
	AGUA CRUDA (2000 NMP/100 ml)	AGUA POTABLE 8 FILTRACIÓN POR MEMBRANA (< 1** U.F.C./100 ml)	AGUA CRUDA(pH6-9)	AGUA POTABLE	
02/01/2020	1200 NMP/100ml	0.0 U.F.C./100 ml	7,30	7,2	1,26
07/01/2020	1200 NMP/100ml	0.0 U.F.C./100 ml	7,30	7,2	1,45
13/01/2020	1200 NMP/100ml	0.0 U.F.C./100 ml	7,30	7,2	1,38
15/01/2020	1200 NMP/100ml	0.0 U.F.C./100 ml	7,30	7,2	1,33
20/01/2020	1200 NMP/100ml	0.0 U.F.C./100 ml	7,30	7,2	1,49
23/01/2020	1200 NMP/100ml	0.0 U.F.C./100 ml	7,62	7,4	1,1
27/01/2020	1200 NMP/100ml	0.0 U.F.C./100 ml	7,30	7,2	1,36
29/01/2020	1200 NMP/100ml	0.0 U.F.C./100 ml	7,60	7,6	1,41
TOTAL	0	0,0	58,02	58,2	10,86
PROMEDIO	1200	0	7,37	7,27	1,35

Grace Alava Naranjo
 Dra. Grace Alava Naranjo.
 QUIMICA JEFE CONTROL DE CALIDAD

Anexo No. 3: Muestras y análisis de agua cruda



Anexo No. 4: Análisis de agua tratada (Entrada)



Anexo No. 5: Análisis de agua tratada (Salida)

