



# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA  
UTILIZANDO FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO Y  
CLORACIÓN POR GOTEO EN EL RÍO QUILISH”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

**Autor:**

Rosmel Elí Díaz Díaz

**Asesor:**

Ing. Roger Cerquin Quispe

Cajamarca - Perú

2021

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a Dios por estar conmigo en cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza, a mis padres y familiares quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en cada instante. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. Es por ello que ahora seré un gran profesional.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiarme por el camino de la felicidad y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades en mi vida. A mis padres y familiares quienes han apoyado y motivado mi formación académica, creyendo en mí en todo momento y lograr uno de mis propósitos que es ser Ingeniero Civil. Y finalmente le agradezco a mis docentes de la Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Privada del Norte, en especial al Ing. Roger Cerquin Quispe, por su apoyo, paciencia y colaboración para finalmente culminar el presente trabajo de investigación.

## Tabla de contenidos

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>7</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES .....</b>	<b>9</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>11</b>
1.1. Formulación del problema .....	14
1.2. Objetivos .....	14
1.2.1. <i>Objetivo general.....</i>	<i>14</i>
1.2.2. <i>Objetivos específicos.....</i>	<i>15</i>
1.3. Hipótesis.....	15
<b>CAPÍTULO II. MÉTODO.....</b>	<b>29</b>
2.1. Tipo de investigación .....	29
2.2. Población y muestra .....	29
2.2.1. <i>Población.....</i>	<i>29</i>
2.2.2. <i>Muestra.....</i>	<i>29</i>
2.3. Materiales, instrumentos y métodos.....	29
2.3.1. <i>Materiales para la instalación del filtro de carbón activado.....</i>	<i>30</i>
2.3.2. <i>Materiales para la instalación del tanque de almacenamiento.....</i>	<i>31</i>
2.3.3. <i>Materiales para la instalación del sistema de cloración por goteo con flotador.....</i>	<i>32</i>
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	33
2.5. Procedimiento de recolección de datos .....	35
2.5.1. <i>Procedimiento para la instalación del filtro de carbón activado.....</i>	<i>35</i>

2.5.2.	<i>Procedimiento para la instalación del tanque de almacenamiento.....</i>	<i>37</i>
2.5.3.	<i>Procedimiento para la instalación del sistema de cloración por goteo con flotador.....</i>	<i>39</i>
2.6.	Técnicas, instrumentos y procedimientos de análisis de datos .....	47
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>		<b>48</b>
3.1.	Resultados de turbiedad .....	50
3.2.	Resultados de pH.....	50
3.3.	Resultados de aceites y grasas.....	51
3.4.	Resultados de color .....	51
3.5.	Resultados de coliformes totales .....	52
3.6.	Resultados de coliformes termotolerantes.....	52
3.7.	Resultados de escherichia coli.....	53
3.8.	Resultados de metales totales .....	54
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>		<b>55</b>
4.1.	Discusión.....	55
4.2.	Conclusiones .....	65
<b>REFERENCIAS .....</b>		<b>67</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>69</b>
ANEXO n.º 1.	Cálculo de cloración por goteo con flotador.....	69
ANEXO n.º 2.	Especificaciones técnicas del carbón activado granular. ....	71
ANEXO n.º 3.	Resultados de ensayos fisicoquímicos y microbiológicos M-1. ....	74
ANEXO n.º 4.	Resultados de ensayos fisicoquímicos y microbiológicos M-2. ....	79
ANEXO n.º 5.	Resultados de ensayos fisicoquímicos y microbiológicos M-3. ....	84
ANEXO n.º 6.	Panel fotográfico. ....	88
ANEXO n.º 7.	Plano de ubicación del filtro de carbón activado y cloración por goteo. ....	94

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable. ....	17
<b>Tabla 2:</b> Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos.	19
<b>Tabla 3:</b> Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica. ....	20
<b>Tabla 4:</b> Límites máximos permisibles de parámetros químicos inorgánicos.....	21
<b>Tabla 5:</b> Selección del proceso de tratamiento del agua para consumo humano. ....	24
<b>Tabla 6:</b> Especificaciones de la capa soporte de grava.....	27
<b>Tabla 7:</b> Especificaciones para arena. ....	27
<b>Tabla 8:</b> Materiales para la instalación del filtro de carbón activado.....	30
<b>Tabla 9:</b> Componentes del filtro de carbón activado.....	30
<b>Tabla 10:</b> Materiales para la instalación del tanque de almacenamiento. ....	31
<b>Tabla 11:</b> Materiales para la instalación del tanque dosador.....	32
<b>Tabla 12:</b> Materiales para la instalación del sistema de cloración por goteo con flotador.	33
<b>Tabla 13:</b> Resultados de ensayos fisicoquímicos. ....	48
<b>Tabla 14:</b> Resultados de ensayos microbiológicos.....	48
<b>Tabla 15:</b> Resultados de ensayos químicos – metales totales. ....	49

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Carbón activado granular.....	22
<b>Figura 2:</b> Carbón activado polvo.....	22
<b>Figura 3:</b> Proceso de potabilización en una planta de tratamiento de agua superficial.....	24
<b>Figura 4:</b> Filtro de arena.....	26
<b>Figura 5:</b> Esquema del sistema de cloración por goteo con flotador.....	28
<b>Figura 6:</b> Parámetros de ajuste de caudal.....	28
<b>Figura 7:</b> Formato de toma de muestras del laboratorio regional del agua.....	34
<b>Figura 8:</b> Tubería de ingreso al filtro.....	35
<b>Figura 9:</b> Tubería de salida y limpieza del filtro.....	36
<b>Figura 10:</b> Filtro de carbón activado.....	37
<b>Figura 11:</b> Tubería de entrada, salida, limpieza y rebose del tanque de almacenamiento..	39
<b>Figura 12:</b> Flotador.....	40
<b>Figura 13:</b> Soporte del hilo de nylon.....	41
<b>Figura 14:</b> Tubería de ingreso al tanque dosador.....	42
<b>Figura 15:</b> Tubería de salida del tanque dosador.....	42
<b>Figura 16:</b> Dispositivo de difusión del cloro.....	43
<b>Figura 17:</b> Tanque dosador.....	44
<b>Figura 18:</b> Resultados de turbiedad.....	50
<b>Figura 19:</b> Resultados de pH.....	50
<b>Figura 20:</b> Resultados de aceites y grasas.....	51
<b>Figura 21:</b> Resultados de color.....	51
<b>Figura 22:</b> Resultados de coliformes totales.....	52
<b>Figura 23:</b> Resultados de coliformes termotolerantes.....	53
<b>Figura 24:</b> Resultados de escherichia coli.....	53

<b>Figura 25.</b> Resultados de metales totales.....	54
<b>Figura 26.</b> Turbiedad. ....	56
<b>Figura 27.</b> pH.....	57
<b>Figura 28.</b> Aceites y grasas.....	58
<b>Figura 29.</b> Color. ....	59
<b>Figura 30.</b> Coliformes totales. ....	60
<b>Figura 31.</b> Coliformes termotolerantes.....	61
<b>Figura 32.</b> Escherichia coli.....	62
<b>Figura 33.</b> Metales totales.....	63
<b>Figura 34.</b> Sistema de tratamiento convencional para agua de consumo humano. ....	89
<b>Figura 35.</b> Instalación del filtro de carbón activado.....	89
<b>Figura 36.</b> Instalación del tanque de almacenamiento.....	90
<b>Figura 37.</b> Graduación del tubo visor del tanque dosador.....	90
<b>Figura 38.</b> Cloración por goteo con flotador. ....	91
<b>Figura 39.</b> Inspección de campo por el asesor en la instalación del sistema de tratamiento convencional.....	91
<b>Figura 40.</b> Ensayo de DPD del agua filtrada y clorada en el tanque de almacenamiento. .	92
<b>Figura 41.</b> Muestra M-1 para ensayos fisicoquímicos y microbiológicos.....	92
<b>Figura 42.</b> Inspección de campo por el asesor en la muestra M-2 para ensayos fisicoquímicos y microbiológicos. ....	93
<b>Figura 43.</b> Muestra M-3 para ensayos fisicoquímicos y microbiológicos.....	93

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1:</b> Cantidad de hipoclorito de calcio al 70% .....	45
<b>Ecuación 2:</b> Tiempo diario de goteo.....	45
<b>Ecuación 3:</b> Caudal de goteo. ....	46
<b>Ecuación 4:</b> Cantidad de cloro a mezclar en el dosador. ....	46
<b>Ecuación 5:</b> Cantidad de hipoclorito de calcio para cada recarga. ....	47

## RESUMEN

En Cajamarca los servicios de agua potable en el sector rural son de mala calidad por la falta de mantenimiento y desinfección, que ponen en riesgo la salud de la población. Por este motivo se desarrolló la presente investigación con la finalidad de evaluar la calidad de agua en un punto representativo del río Quilish luego de utilizar filtro de carbón activado y cloración por goteo. Se construyó un filtro de grava, arena y carbón activado, un tanque de almacenamiento con nivel estático y un tanque dosador con sistema de cloración por goteo con flotador. Finalmente se tomó muestras durante tres semanas y se analizó las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas establecidas en el reglamento de la calidad de agua para consumo humano, tales como: Turbiedad, pH, aceites y grasas, color, coliformes totales, coliformes termotolerantes, escherichia coli, cloro residual y metales totales, los cuales mejoraron parcialmente cumpliendo con la hipótesis. En cuanto a los parámetros estudiados se encontraron dentro de los límites máximos permisibles, con excepción del parámetro turbiedad, aluminio y hierro, pero se obtuvo una mejora con respecto a la muestra patrón. En conclusión, se logró que el agua del río Quilish es apta para consumo humano.

**Palabras clave:** Filtro, carbón activado granular, estándares de calidad ambiental, límites máximos permisibles.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

El agua históricamente confinada dentro del sector recursos hídricos, es indispensable para la estabilidad de todos los seres vivos, así como también un importante componente para las actividades agrícolas y recreativas. Su carencia afecta la calidad de vida de las sociedades por ser un recurso integral y multifuncional, por todos los usos antes mencionados es fuente de competencia y de conflictos (Ferrera et al. 2015, p.15).

El Perú es el octavo país con mayor disponibilidad hídrica en el mundo, sin embargo, cuenta con una irregular distribución del recurso agua. El 98% de la población hídrica se presenta en la región amazónica y apenas el 1.8% en la región hídrica del pacífico. Esta situación constituye una de las grandes dificultades que debemos enfrentar para gestionar adecuadamente nuestros recursos hídricos, ya que es precisamente en la costa donde habita el 53% de la población que desarrolla la mayor cantidad de actividades económicas, las cuales ejercen presión sobre este recurso (Comisión Preparatoria para el VII Foro Mundial del Agua, 2015).

Los filtros de Carbón Activado Granular (CAG) se utilizan principalmente para la eliminación de cloro y compuestos orgánicos en el agua. El sistema de funcionamiento es el mismo que el de los filtros de arena, realizando la retención de contaminantes al pasar el agua por un lecho filtrante compuesto de carbón. El carbón activado es un material especialmente preparado para altas propiedades de absorción, es necesario que a intervalos regulares se lave el carbón activado con un flujo ascendente de agua para arrastrar la acumulación de sólidos al punto de drenaje y mantener un lecho de carbón en un estado libre, de lo contrario puede producirse una “canalización” (Tonato, 2010).

Actualmente, la cloración del agua es asegurar que el consumidor reciba agua especialmente saludable, mediante la destrucción de agentes patógenos y que mantenga una barrera protectora contra los gérmenes dañinos a la salud humana que se podrían introducir en el sistema de abastecimientos, suprimiendo de esta manera la posterior contaminación microbiológica del agua (COSUDE & CARE, 2018).

En la naturaleza, las aguas de ríos, embalses, lagos, depósitos subterráneos y mares, presentan diferentes contenidos de sales, minerales, gases y partículas que están presentes en los medios en los que se halla el recurso hídrico; por ejemplo, el cauce de un río, el estrato geológico en el que subyace el acuífero o la composición de la atmosfera, entre otros. Así mismo, algunos contaminantes generados de forma natural o derivados de las actividades humanas (aguas residuales, pesticidas, productos agrícolas, desechos industriales, etc.), son incorporados en el agua, variando sus características al punto de imposibilitar muchos de sus usos, incluyendo el de consumo humano (Lozano, 2015).

El carbón activado ha tenido gran acogida principalmente para la remoción de partículas orgánicas en una base de flujo continuo, ya que este medio permite que sea empleado en capas o columnas, y debido a su consistencia permite que desarrolle una gran capacidad de absorción (McCreary & Snoeyink, 1977, citado en Arana, 2016). Pero este no ha sido su único uso Grease et al. (1987), citado en Arana. (2016) afirma que, realizando una apropiada selección de tamaño y distribución de las partículas, el carbón activado puede lograr una duración de carrera de filtración comparable con los filtros convencionales, con una calidad de agua similar o superior en cuanto al contenido de turbiedad y niveles más bajos de formación de subproductos de desinfección.

El Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, tiene como fuente la encuesta ENDES, 2013 en donde indica que el 1.4% de hogares del ámbito rural tiene acceso a agua potable, el 68.7% de los hogares rurales tiene acceso a agua y el 31.1% a saneamiento. Estos indicadores demuestran que el 90% del agua en el sector rural es de mala calidad (SUNASS, 2017).

La actual problemática que tienen los prestadores de servicio de agua y saneamiento rural es que ha quedado en desuso el hipoclorador, dispositivo de cloración hasta hace poco utilizado para desinfección y cloración de agua para consumo humano, ya que salió del mercado el hipoclorito de calcio al 33%. En su lugar, solo se dispone de hipoclorito de calcio al 70%, un insumo que requiere de otras tecnologías para suministrar el cloro a los sistemas de agua potable. Una de las nuevas tecnologías adecuadas es el sistema de cloración por goteo, con la finalidad de mejorar la calidad de agua potable (Etienne & Diaz, 2014).

Según Roseles Machuca Vélchez coordinador de la oficina descentralizada de la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, explico que solo en cinco provincias de Cajamarca gozan del servicio de agua potable, también indicó que en el ámbito rural existen más de 4 mil sistemas de agua potable que no tienen una planta de tratamiento y agregó que es necesario que las autoridades trabajen para mejorar la calidad del agua con la cloración para no afectar a los pobladores de las 13 provincias (República, 2018).

En la actualidad existe una alarmante preocupación en las condiciones de agua del río Quilish, ya que la contaminación generada de forma natural o por actividades humanas, alteran las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas como: Coliformes totales, coliformes termotolerantes, cadmio, cobre, cromo, plomo y zinc. Según resultados obtenidos de las aguas del río Quilish de los parámetros antes mencionados no sobrepasan los

estándares de calidad ambiental, y se define como Clase A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional. Por consiguiente, las aguas del río Quilish son utilizadas para uso doméstico y agrícola por los pobladores de Plan de Tual, así como también es un abastecedor al río Porcón, que luego es captada para la planta de tratamiento El Milagro, proveedora de agua potable para la región Cajamarca.

Por lo expuesto se plantea esta investigación para evaluar la calidad de agua del río Quilish en un punto representativo, luego de utilizar un filtro de carbón activado y cloración por goteo, con la finalidad de obtener agua apta para consumo humano, teniendo como lineamientos los estándares de calidad ambiental y reglamento de la calidad de agua para consumo humano. Desde la perspectiva dará a conocer de forma teórica y práctica la aplicación de tratamiento convencional de agua superficial a agua potable.

### **1.1. Formulación del problema**

¿Cuál es la calidad de agua en un punto representativo del río Quilish luego de utilizar filtro de carbón activado y cloración por goteo?

### **1.2. Objetivos**

#### **1.2.1. Objetivo general**

Evaluar la calidad de agua en un punto representativo del río Quilish luego de utilizar filtro de carbón activado y cloración por goteo.

### 1.2.2. Objetivos específicos

- ✓ Construir un filtro de carbón activado y sistema de cloración por goteo.
- ✓ Determinar la cantidad de hipoclorito de calcio al 70 %, para cloración por goteo.
- ✓ Analizar y comparar las propiedades físicas, químicas y microbiológicas en el afluente y efluente del filtro de carbón activado y cloración por goteo, con los límites máximos permisibles establecidos en el reglamento de la calidad de agua para consumo humano.

### 1.3. Hipótesis

La calidad de agua en un punto representativo del río Quilish luego de utilizar filtro de carbón activado y cloración por goteo mejora en un 80% sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas.

A continuación, se detallan los antecedentes que fueron de gran aporte para esta investigación:

La evaluación de la calidad de agua es el proceso de valoración total de la naturaleza física, química y biológica del agua en relación a la calidad natural, a los efectos humanos y a los usos internacionales, particularmente usos que puedan afectar la salud humana y a los sistemas acústicos. La importancia radica en la interacción y reporte de los resultados del monitoreo, que sirvan de base para realizar recomendaciones para acciones futuras (Chapman, 1996, citado en Zhen, 2009).

Según Castillo et al., (2005) la calidad de agua se evalúa toda la parte bacteriológica: Coliformes totales y fecales, y en la parte fisicoquímica: Cloro residual, turbiedad, pH, conductividad y metales pesados. Todo sistema debe contar con un plan de control de calidad de agua, previamente establecido considerando los parámetros mencionados.

En filtros de carbón activado la filtración varía comúnmente desde 6 - 7.5 m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup> y por encima de 15 m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup> para adsorción. La profundidad depende del tiempo de contacto con el lecho establecido, el cual varía entre 5 - 30 minutos y el tamaño efectivo del CAG varía dependiendo el tipo de aplicación, usualmente varía entre 0.6 - 1.1 mm (Ratnayaka et al., 2009, citado en Arana, 2016).

Infante (2017) en la ciudad de Cajamarca, hizo una investigación titulada: “Carbón activado granular, en la mejora de la calidad del agua potable”, en la cual estudio las propiedades físicas, químicas y biológicas de manantiales de ladera. Obteniendo como resultados que las propiedades físicas como turbidez, reduce en 2.54% con respecto a la muestra patrón y el color verdadero se encontró menor al límite de cuantificación de los métodos del laboratorio, la propiedad química como el pH no se logró el valor ideal que vendría a ser neutro, y las propiedades biológicas como coliformes totales y bacterias termotolerantes, el filtro actúa efectivamente bajando de 100% a 0% en un período de tres semanas.

Según el MINAM (2017) la aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable son las siguientes: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección, aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional y aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado; a continuación se señala los parámetros en la Tabla 1.

**Tabla 1:** Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.

**Categoría 1: Población y Recreacional**
**Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.**

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
<b>FÍSICOS – QUÍMICOS</b>				
Aceites y Grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	**	**
Cianuro Libre	mg/L	**	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color	Color verdadero Escala Pt/Co	15	100	**
Conductividad	( $\mu$ S/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	3	3	**
Amoniac – N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	$\geq 6$	$\geq 5$	$\geq 4$
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 - 8,5	5,5 - 9,0	5,5 - 9,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	$\Delta 3$	$\Delta 3$	**
Turbiedad	UNT	5	100	**

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
<b>INORGÁNICOS</b>				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**
Níquel	mg/L	0,07	**	**
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02
Zinc	mg/L	3	5	5
<b>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS</b>				
Coliformes Totales	NMP/100 ml	50	**	**
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	20	2 000	20 000
Formas Parasitarias	Nº Organismo/L	0	**	**
Escherichia coli	NMP/100 ml	0	**	**
Organismos de vida libre	Nº Organismo/L	0	<5x10 <sup>6</sup>	<5x10 <sup>6</sup>

Nota 1:

El símbolo \*\* dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

Fuente: MINAM, 2017.

Según el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano (2010) toda agua destinada para el consumo humano debe cumplir con los requisitos de calidad como los parámetros microbiológicos y parasitológicos. El agua para consumo humano debe estar exenta de coliformes totales, termotolerantes y escherichia coli señalados en la Tabla 2.

**Tabla 2:** Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos.

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
2. E. Coli	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
3. Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales.	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
4. Bacterias Heterotróficas	UFC/100 mL a 35°C	500
5. Huevos y larvas de Helminthos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.	N° org/L	0
6. Virus	UFC/MI	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	N° org/L	0

UFC = Unidad formadora de colonias

(\*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8/100 ml

Fuente: MINSA, 2010.

Según el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano (2010) los parámetros de calidad organolépticos corresponden a parámetros químicos en un 90% que afectan la calidad estética y organoléptica del agua y el 10% restante el proveedor evalúa las causas que originaron el incremento de los resultados que no deben exceder los límites máximos permisibles señalados en la Tabla 3.

**Tabla 3:** Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica.

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	-----	Aceptable
2. Sabor	-----	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. Ph	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25° C)	ulmo/cm	1500
7. Sólidos totales disueltos	mgL <sup>-1</sup>	1000
8. Cloruros	mg Cl <sup>-</sup> L <sup>-1</sup>	250
9. Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> = L <sup>-1</sup>	250
10. Dureza total	mg Ca CO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	500
11. Amoniacó	mg N L <sup>-1</sup>	1,5
12. Hierro	mg Fe L <sup>-1</sup>	0,3
13. Manganeso	mg Mn L <sup>-1</sup>	0,4
14. Aluminio	mg Al L <sup>-1</sup>	0,2
15. Cobre	mg Cu L <sup>-1</sup>	2,0
16. Zinc	mg Zn L <sup>-1</sup>	3,0
17. Sodio	mg Na L <sup>-1</sup>	200

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

*Fuente: MINSA, 2010.*

Según el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano (2010) toda agua destinada para consumo humano, no deberá exceder los límites máximos permisibles para parámetros químicos inorgánicos señalados en el Tabla 4.

**Tabla 4:** Límites máximos permisibles de parámetros químicos inorgánicos.

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
1. Antimonio	mg Sb L <sup>-1</sup>	0,020
2. Arsénico	mg As L <sup>-1</sup>	0,010
3. Bario	mg Ba L <sup>-1</sup>	0,700
4. Boro	mg B L <sup>-1</sup>	1,500
5. Cadmio	mg Cd L <sup>-1</sup>	0,003
6. Cianuro	mg CN <sup>-</sup> L <sup>-1</sup>	0,070
7. Cloro	mg L <sup>-1</sup>	5
8. Clorito	mg L <sup>-1</sup>	0,7
9. Clorato	mg L <sup>-1</sup>	0,7
10. Cromo total	mg Cr L <sup>-1</sup>	0,050
11. Flúor	mg F <sup>-</sup> L <sup>-1</sup>	1,000
12. Mercurio	mg Hg L <sup>-1</sup>	0,001
13. Niquel	mg Ni L <sup>-1</sup>	0,020
14. Nitratos	mg NO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	50,00
15. Nitritos	mg NO <sub>2</sub> L <sup>-1</sup>	3,00 exposición corta 0,20 exposición larga
16. Plomo	mg Pb L <sup>-1</sup>	0,010
17. Selenio	mg Se L <sup>-1</sup>	0,010
18. Molibdeno	mg Mo L <sup>-1</sup>	0,07
19. Uranio	mg U L <sup>-1</sup>	0,015

*Fuente: MINSA, 2010.*

El carbón activado es un producto que posee una estructura cristalina reticular, extremadamente poroso y puede llegar a desarrollar áreas superficiales del orden de 1500 metros cuadrados por gramo de carbón. Se trata de un material poroso que se obtiene por carbonización y activación de materiales orgánicos especialmente de origen vegetal, hullas, lignitos y turbas; con el fin de obtener un alto grado de porosidad y una importante superficie intraparticular (Escuela Politécnica Superior, 2018).

El carbón activo se clasifica en granular y polvo, dependiendo del tamaño de grano del mismo (grano grueso o grano fino).



**Figura 1:** Carbón activado granular.

*Fuente: Escuela Politécnica Superior, 2018.*



**Figura 2:** Carbón activado polvo.

*Fuente: Escuela Politécnica Superior, 2018.*

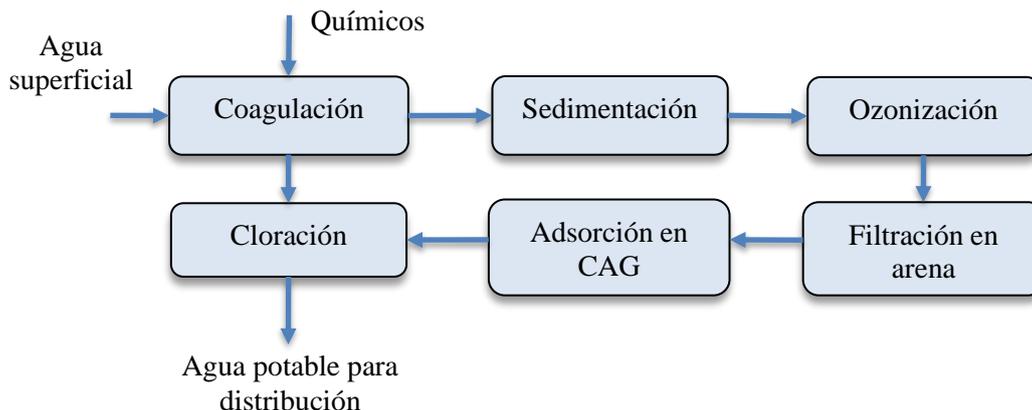
Según la Escuela Politécnica Superior (2018) indica que el carbón activado es utilizado para remover color, olor y sabor de varios productos. En la actualidad es aplicado en peceras, modernas plantas de tratamiento de aguas residuales y sistemas de elaboración de antibióticos.

Las características fundamentales en las que se basan las aplicaciones del carbon activado es la elevada capacidad de eliminación de sustancias que se debe a la alta superficie interna, porosidad y distribución de tamaño de poros. En general, los microporos le confieren la elevada superficie y capacidad de retención, mientras que los mesoporos y macroporos son

necesarios para retener moléculas de gran tamaño, como pueden ser hidrocarburos, fenoles y colorantes (Escuela Politécnica Superior, 2018).

El carbón activado posee una composición química que designa un amplio aspecto de materiales que se diferencian fundamentalmente en su estructura interna (distribución de poros y superficie específica) y en su granulometría. Desde el punto de vista de su composición química, el carbón activo es aproximadamente un 75 - 80% en carbono, 5 - 10% cenizas, 60% en oxígeno y 0.5% en hidrógeno. Por otro lado el carbón activo posee una estructura física microcristalina que se parece a la del grafito. Esta estructura que presenta el carbón activo da lugar normalmente a una distribución de tamaño de poro bien determinado. Así, se pueden distinguir tres tipos de poros según su radio: macroporos ( $r > 25\text{nm}$ ), mesoporos ( $25 > r > 1\text{nm}$ ) y microporos ( $r < 1\text{nm}$ ) (Escuela Politécnica Superior, 2018).

Los municipios en muchas ocasiones se abastecen de cuerpos de agua superficiales, las características más comunes de esta agua hacen necesario otro tipo de tratamiento, aunque muchas plantas de potabilización aun no utilizan carbón activado, ya que la mayoría de las veces debido a razones económicas. En la siguiente figura se describe el proceso típico de una de ellas que si lo utiliza y en forma granular (CAG). (Escuela Politécnica Superior, 2018).



**Figura 3:** Proceso de potabilización en una planta de tratamiento de agua superficial.

*Fuente: Escuela Politécnica Superior, 2018.*

Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018) las unidades de la PTAP deben ser seleccionadas de acuerdo con las características del cuerpo de agua de donde se capta el agua cruda, tal como se indica la Tabla 5:

**Tabla 5:** Selección del proceso de tratamiento del agua para consumo humano.

Alternativas	Límites de Calidad del Agua Cruda	
	80% del tiempo	Esporádicamente
Filtro lento (F.L.) solamente	$T_0 \leq 20$ UT $C_0 \leq 40$ UC	$T_0 \text{ Max} \leq 100$ UT
F.L.+ prefiltro de grava (P.G.)	$T_0 \leq 60$ UT $C_0 \leq 40$ UC	$T_0 \text{ Max} \leq 150$ UT
F.L.+ P.G.+ sedimentador (S)	$T_0 \leq 200$ UT $C_0 \leq 40$ UC	$T_0 \text{ Max} \leq 500$ UT
F.L.+ P.G.+ S+ presedimentador	$T_0 \leq 200$ UT $C_0 \leq 40$ UC	$T_0 \text{ Max} \leq 1000$ UT

**To:** Turbiedad del agua cruda presente el 80% del tiempo.

**Co:** Color del agua cruda presente el 80% del tiempo.

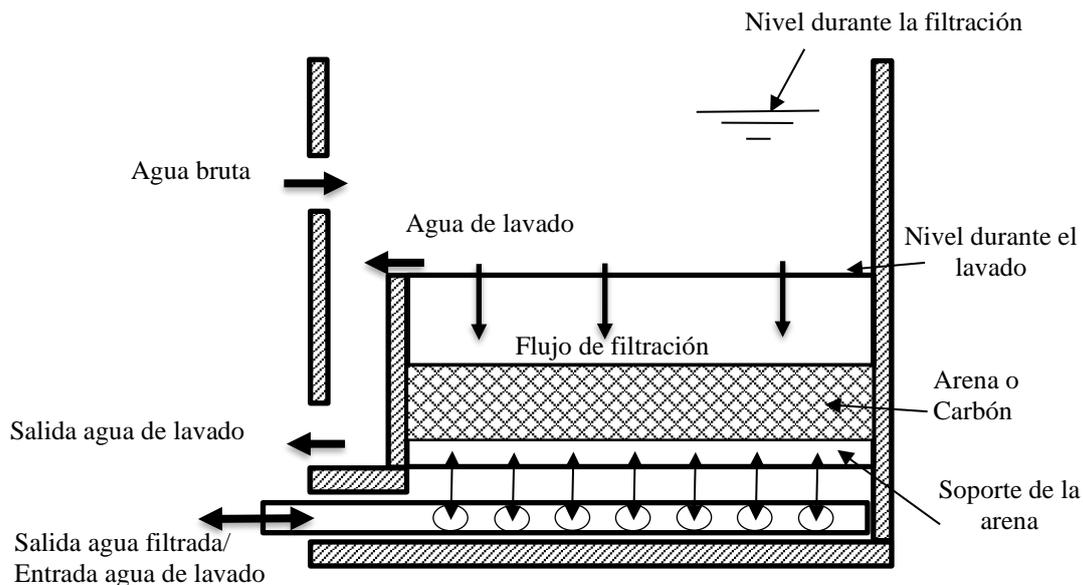
**Tmáx:** Turbiedad máxima del agua cruda, considerando que este valor se presenta por lapsos cortos de minutos u horas en alguna eventualidad climática o natural.

*Fuente: VIVIENDA, 2018.*

La filtración lenta en arena es un tipo de tratamiento del agua más antiguo y eficiente utilizado por la humanidad, además de ser muy fácil de operar y mantener. Simula el proceso de purificación del agua que se da en la naturaleza, al atravesar el agua de lluvia las capas de la corteza terrestre hasta encontrar los acuíferos o ríos subterráneos (VIVIENDA, 2018).

El agua cruda ingresa a la unidad permanece sobre el medio filtrante de tres a doce horas, dependiendo de las velocidades de filtración adoptadas. En este tiempo, las partículas más pequeñas se encuentran en suspensión se sedimentan y las partículas más ligeras se pueden aglutinar, llegando a ser más fácil su remoción posterior. Durante el día y bajo la influencia de la luz del sol, se produce el crecimiento de algas, las cuales absorben bióxido de carbono, nitratos, fosfatos y otros nutrientes del agua, para formar material celular y oxígeno. El oxígeno así formado, se disuelve en el agua y entra en reacción química con las impurezas orgánicas, haciendo que estas sean más asimilables por los microorganismos (VIVIENDA, 2018).

El rendimiento del filtro lento depende principalmente del proceso biológico, su eficiencia inicial es baja, mejorando está a medida que progresa la carrera de filtración, proceso que se considera con el nombre de “maduración del filtro” (VIVIENDA, 2018).



**Figura 4:** Filtro de arena.

*Fuente: VIVIENDA, 2018.*

Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018) para su diseño se debe aplicar los siguientes criterios de diseño:

- La velocidad de filtración debe considerarse entre 0.1 - 0.3 m/h, dependiendo del pretratamiento del agua cruda.
- La altura del lecho filtrante debe oscilar entre 0.50 m y 0.80 m.
- La altura del lecho soporte incluido el drenaje debe estar comprendida entre 0.1 y 0.3 m.
- La altura de la lámina de agua en rebose al borde libre debe ser 0.2 m como mínimo.
- Sobre el drenaje se consideran tres capas de grava de diferentes tamaños, con una altura de 0.20 m.

**Tabla 6:** *Especificaciones de la capa soporte de grava.*

N°	Tamaño de la grava (mm)	Altura de la capa (m)
1	1,5 - 0,40	0,05
2	4,0 - 15,0	0,05
3	10,0 - 40,0	10,0

*Fuente: VIVIENDA, 2018.*

- Sobre la capa soporte se considera un lecho filtrante de arena de 0.80 m de alto. Las especificaciones para la arena se pueden ver en la Tabla 7.

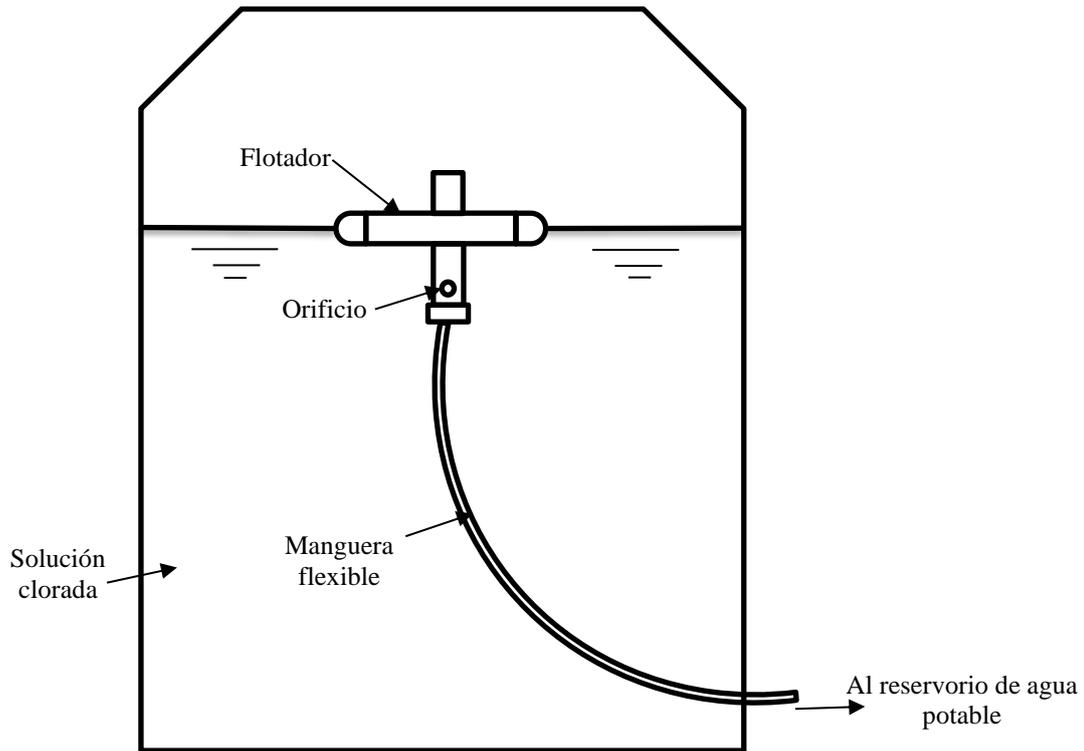
**Tabla 7:** *Especificaciones para arena.*

N°	Parámetros	Recomendación
1	Tamaño efectivo (mm)	0,20 a 0,30
2	Coefficiente de uniformidad	1,8 a 2,0
3	Espesor del lecho (m)	0,80

*Fuente: VIVIENDA, 2018.*

La desinfección se debe realizar con compuestos derivados del cloro por ser oxidantes y altamente corrosivos, poseen gran poder destructivo sobre los microorganismos presentes en el agua y pueden ser recomendados con instrucciones de manejo especial. Estos derivados del cloro son: Hipoclorito de calcio  $\text{Ca}(\text{OCI})_2$ , Hipoclorito de sodio ( $\text{NaClO}$ ), Dióxido de cloro ( $\text{ClO}_2$ ) (VIVIENDA, 2018).

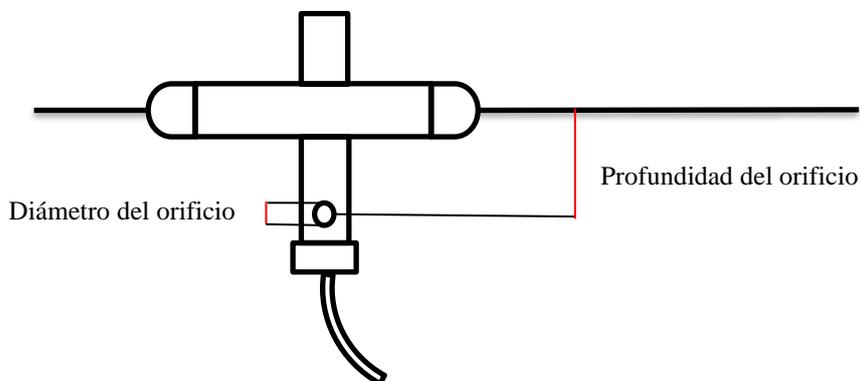
El sistema de cloración por goteo con flotador es utilizado para sistemas de agua potable con o sin planta de tratamiento en la zona rural. La solución clorada se prepara en un tanque con hipoclorito de calcio al 65 - 70 % a una determinada concentración y un caudal constante a lo largo del vaciado del tanque dosador.



**Figura 5:** Esquema del sistema de cloración por goteo con flotador.

*Fuente: Etienne & Diaz, 2014.*

El caudal de goteo constante se puede obtener según dos parámetros: el diámetro del orificio y su profundidad. Un diámetro mayor de orificio presenta un mayor caudal de goteo que un diámetro menor. También un orificio sumergido a mayor profundidad nos brinda un caudal mayor y un menor caudal con un orificio menos sumergido (Etienne & Diaz, 2014).



**Figura 6:** Parámetros de ajuste de caudal.

*Fuente: Etienne & Diaz, 2014.*

## CAPÍTULO II. MÉTODO

### 2.1. Tipo de investigación

**Aplicada:** Porque explica un determinado fenómeno de la realidad mediante el análisis y la síntesis, que busca una serie de proposiciones coherentes sobre el objeto de estudio.

#### Diseño de investigación

**Cuasiexperimental:** Este estudio es cuasiexperimental porque permite que se manipulen deliberadamente, al menos una variable independiente para observar su efecto y relación con una o más variables dependientes.

**Transversal:** Es de tipo transversal ya que las variables se estudian en un tiempo determinado.

### 2.2. Población y muestra

#### 2.2.1. Población

Agua del río Quilish durante toda la época del año.

#### 2.2.2. Muestra

Agua del río Quilish durante tres semanas del mes de noviembre.

### 2.3. Materiales, instrumentos y métodos

Los materiales, instrumentos y métodos para la instalación del filtro de carbón activado, tanque de almacenamiento y sistema de cloración por goteo con flotador, se realizó en base a la Resolución Ministerial 192 - 2018 - VIVIENDA y el Manual de instalación, operación y mantenimiento - Tecnología SABA PLUS.

### 2.3.1. Materiales para la instalación del filtro de carbón activado

Los materiales utilizados para la instalación de tubería, accesorios y componentes del filtro de carbón activado se muestran en la Tabla 8 y Tabla 9.

**Tabla 8:** *Materiales para la instalación del filtro de carbón activado.*

Descripción	Unidad	Cantidad
Balde de 250 Lts	und	1
Taladro	und	1
Sierra	und	1
Cinta teflón 19 mm x 10 yds	und	1
Pegamento PVC de 16 OZ	und	1
Sierra copa de 15 mm	und	1
Sierra copa de 21 mm	und	1
<b>Entrada</b>		
Tubo PVC de 3/4"	und	1
Unión mixta sp/r PVC de 3/4"	und	1
Adaptador PVC de 3/4"	und	3
Unión universal PVC de 3/4" c/rosca	und	1
Niple de PVC de 3/4"	und	1
Válvula esférica PVC de 3/4" c/rosca	und	1
Codos de PVC x 90° de 3/4"	und	2
<b>Salida y Limpieza</b>		
Tubo PVC de 1/2"	und	1
Unión mixta sp/r PVC de 1/2"	und	1
Adaptador PVC de 1/2"	und	5
Unión universal PVC de 1/2" c/rosca	und	2
Niple de PVC de 1/2"	und	2
Válvula esférica PVC de 1/2" c/rosca	und	2
Codos de PVC x 90° de 1/2"	und	2
Tee de PVC de 1/2"	und	1

**Tabla 9:** *Componentes del filtro de carbón activado.*

Descripción	Unidad	Cantidad
Carbón Activado Granular 0.6 - 0.7 mm	Kg	50
Arena Gruesa 2.0 mm	Kg	25
Grava 1/4"	Kg	25
Grava 3/4"	Kg	50

### 2.3.2. Materiales para la instalación del tanque de almacenamiento

Los materiales utilizados para la instalación de tubería y accesorios del tanque de almacenamiento se muestran en la Tabla 10.

**Tabla 10:** *Materiales para la instalación del tanque de almacenamiento.*

Descripción	Unidad	Cantidad
Balde de 200 Lts	und	1
Taladro	und	1
Sierra	und	1
Cinta teflón 19 mm x 10 yds	und	1
Pegamento PVC de 16 OZ	und	1
Sierra copa de 15 mm	und	1
<b>Entrada</b>		
Tubo PVC de 1/2"	und	1
Unión mixta sp/r PVC de 1/2"	und	1
Adaptador PVC de 1/2"	und	7
Unión universal PVC de 1/2" c/rosca	und	1
Válvula esférica PVC de 1/2" c/rosca	und	2
Tee de PVC de 1/2"	und	2
<b>Salida</b>		
Unión mixta sp/r PVC de 1/2"	und	1
Adaptador PVC de 1/2"	und	5
Unión universal PVC de 1/2" c/rosca	und	1
Válvula esférica PVC de 1/2" c/rosca	und	1
Tee de PVC de 1/2"	und	1
<b>Limpieza y Rebose</b>		
Unión mixta sp/r PVC de 1/2"	und	2
Adaptador PVC de 1/2"	und	3
Unión universal PVC de 1/2" c/rosca	und	1
Válvula esférica PVC de 1/2" c/rosca	und	1
Codos de PVC x 90° de 1/2"	und	3
Tee de PVC de 1/2"	und	2
Reducción PVC de 2"-1/2"	und	1

### 2.3.3. Materiales para la instalación del sistema de cloración por goteo con flotador

Los materiales utilizados para la instalación de tubería y accesorios del sistema de cloración por goteo con flotador se muestran en la Tabla 11 y Tabla 12.

**Tabla 11:** *Materiales para la instalación del tanque dosador.*

Descripción	Unidad	Cantidad
Balde de 90 Lts	Und	1
Taladro	Und	1
Sierra	Und	1
Cinta teflón 19 mm x 10 yds	Und	1
Pegamento PVC de 16 OZ	Und	1
Sierra copa de 15 mm	Und	1
Broca de 5 mm	Und	1
<b>Entrada</b>		
Tubo PVC de 1/2"	Und	1
Adaptador PVC de 1/2"	Und	2
Niple de PVC de 1/2"	Und	1
Unión mixta PVC de 1/2" c/rosca	Und	1
Unión universal PVC de 1/2" c/rosca	Und	1
Válvula esférica PVC de 1/2" c/rosca	Und	1
<b>Salida y Limpieza</b>		
Adaptador PVC de 1/2"	Und	8
Unión mixta PVC de 1/2" c/rosca	Und	1
Niple de PVC de 1/2"	Und	1
Tee de PVC de 1/2" c/rosca	Und	1
Visor UV para tanque de 600 Lts	Und	1
Tee de PVC de 1/2"	Und	2
Unión universal PVC de 1/2" c/rosca	Und	1
Válvula esférica PVC de 1/2" c/rosca	Und	2
Unión mixta PVC de 1/2"	Und	1
Grifo PVC de 1/2" c/rosca	Und	1

**Tabla 12:** *Materiales para la instalación del sistema de cloración por goteo con flotador.*

Descripción	Unidad	Cantidad
<b>Flotador</b>		
Tubo PVC de 1/2"	und	1
Codo PVC x 90° de 1/2"	und	4
Tee PVC de 1/2"	und	2
Niple PVC de 1/2"x5" c/ rosca	und	1
Tapón PVC de 1/2" hembra c/ rosca	und	1
Tapón PVC de 4"	und	1
Sierra copa de 15 mm	und	1
Broca plana de 15 mm	und	1
Broca de 12 mm	und	1
Broca de 5 mm	und	1
Broca de 2 mm	und	1
Manguera flexible 5 mm	m	5
<b>Soporte hilo de naylon</b>		
Tubo PVC de 1/2"	und	1
Codos de PVC x 90° de 1/2"	und	2
Tapón hembra PVC de 1/2"	und	1
Hilo de naylon	m	3
<b>Dispositivo de difusión de cloro</b>		
Codos de PVC x 90° de 1/2"	und	2
Adaptador PVC de 1/2"	und	2
Unión mixta PVC de 1/2"	und	1
Unión universal PVC de 1/2" c/rosca	und	1
Tee de PVC de 1/2"	und	3
Reducción PVC de 2"-1/2"	und	1
Válvula de seguridad de PVC de 1/2" c/boya flotadora	und	1

#### 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se recolectaron los datos del afluente ubicado en la coordenada (770212 E - 9214512 N) y efluente en la coordenada (770281 E - 9214486 N) del filtro de carbón activado y cloración por goteo (Ver Anexo 7), mediante la observación directa y protocolos de ensayos fisicoquímicos y microbiológicos establecidos por el laboratorio regional del agua; según los parámetros señalados en los estándares de calidad ambiental y el reglamento de la calidad de agua para consumo humano.



## **2.5. Procedimiento de recolección de datos**

Los procedimientos de recolección de datos para la instalación del filtro de carbón activado, tanque de almacenamiento y sistema de cloración por goteo, se realizó en base a la Resolución Ministerial 192 - 2018 - VIVIENDA que establece parámetros de diseño de plantas de tratamiento para agua potable y el Manual de instalación, operación y mantenimiento - Tecnología SABA PLUS el cual brinda información de tecnologías innovadoras para la construcción de reservorios con sistema de nivel estático y cloración por goteo con flotador.

### **2.5.1. Procedimiento para la instalación del filtro de carbón activado**

Los procedimientos para montaje de tubería y accesorios de ingreso, salida y limpieza del filtro de carbón activado son los siguientes:

#### **2.5.1.1. Procedimiento para montaje de la tubería de ingreso al filtro de carbón activado**

Ensamblar con teflón y pegamento PVC los accesorios siguientes:

- 1 tubo PVC de 3/4" x 20 cm
- 5 adaptadores PVC de 3/4"
- 2 válvulas esféricas PVC de 3/4" c/rosca
- 2 codos de PVC de 3/4"
- 2 uniones universal PVC de 3/4" c/rosca
- 2 niples de PVC de 3/4"
- 1 unión mixta de PVC de 3/4"



*Figura 8.* Tubería de ingreso al filtro.

### 2.5.1.2. Procedimiento para montaje de la tubería de salida y limpieza del filtro de carbón activado

Ensamblar con teflón y pegamento PVC los accesorios siguientes:

- 1 tubo de PVC de 1/2" x 20 cm
- 1 niple de PVC de 1/2"
- 2 uniones universal PVC de 1/2" c/rosca
- 5 adaptadores PVC de 1/2"
- 2 válvulas esféricas PVC de 1/2" c/rosca
- 1 tee de PVC de 1/2"
- 2 codos de PVC de 1/2"



*Figura 9.* Tubería de salida y limpieza del filtro.

### 2.5.1.3. Procedimiento para la instalación de los componentes del filtro de carbón activado

El filtro posee un área superficial condicionada por el caudal a tratar y la velocidad de filtración de 0.2 m/h, está compuesto de grava, arena de río (libres de arcilla y materia orgánica) y carbón activado granular. Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018) recomienda la siguiente estructura:

#### **Capas de grava**

Espesor: 0.15 m ..... Tamaño (D): 10 - 40 mm

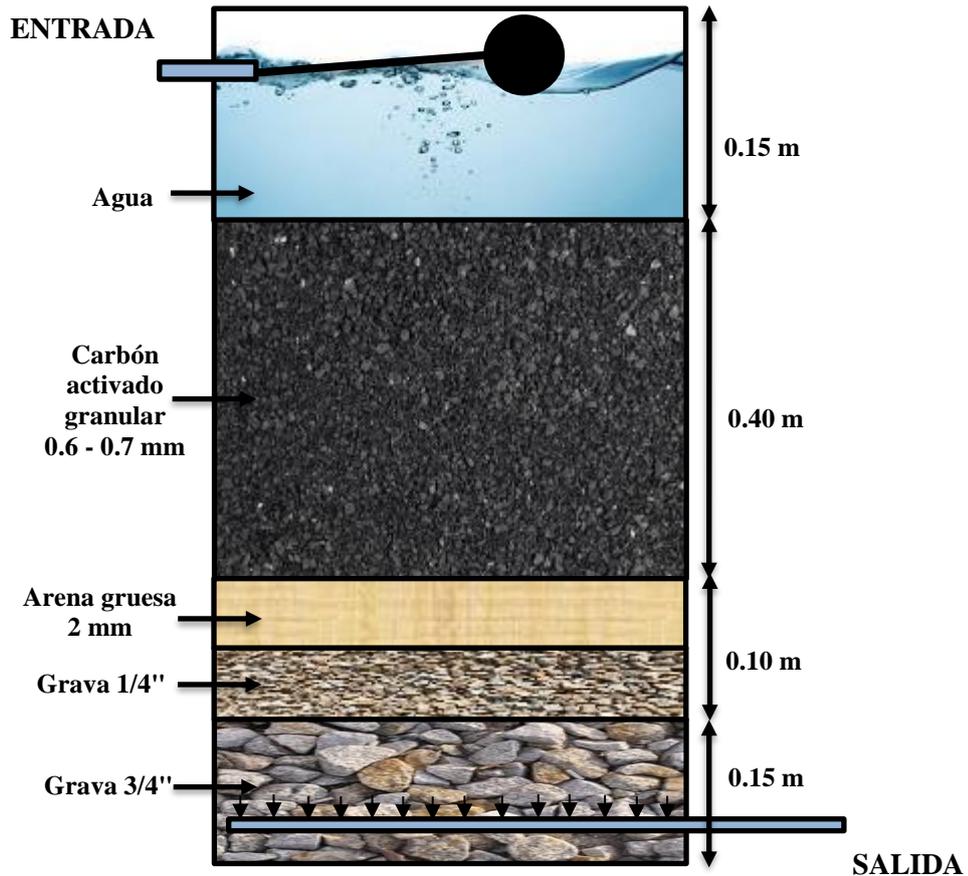
Espesor: 0.05 m ..... Tamaño (D): 4 - 15 mm

**Capas de arena gruesa**

Espesor: 0.05 m ..... Tamaño (D): 1.5 - 4 mm

**Capas de carbón activado granular**

Espesor: 0.40 m ..... Tamaño (D): 0.60 - 0.70 mm



*Figura 10.* Filtro de carbón activado, adaptado de la Resolución Ministerial 192 - 2018 - VIVIENDA.

**2.5.2. Procedimiento para la instalación del tanque de almacenamiento**

Los procedimientos para montaje de tubería y accesorios de ingreso, salida, limpieza y rebose del tanque de almacenamiento son los siguientes:

### **2.5.2.1. Procedimiento para montaje de la tubería de ingreso al tanque de almacenamiento**

Ensamblar con teflón y pegamento PVC los accesorios siguientes:

- 1 tubo PVC de 1/2" x 50 cm
- 1 unión mixta de PVC de 1/2"
- 7 adaptadores PVC de 1/2"
- 1 unión universal PVC de 1/2" c/rosca
- 2 válvulas esféricas PVC de 1/2" c/rosca
- 2 tees de PVC de 1/2"

### **2.5.2.2. Procedimiento para montaje de la tubería de salida del tanque de almacenamiento**

Ensamblar con teflón y pegamento PVC los accesorios siguientes:

- 1 tubo PVC de 1/2" x 50 cm
- 1 unión mixta de PVC de 1/2"
- 5 adaptadores PVC de 1/2"
- 1 unión universal PVC de 1/2" c/rosca
- 1 válvula esférica PVC de 1/2" c/rosca
- 1 tee de PVC de 1/2"

### **2.5.2.3. Procedimiento para montaje de la tubería de limpieza y rebose del tanque de almacenamiento**

Ensamblar con teflón y pegamento PVC los accesorios siguientes:

- 1 tubo PVC de 1/2" x 30 cm
- 2 uniones mixtas de PVC de 1/2"
- 3 adaptadores PVC de 1/2"
- 1 unión universal PVC de 1/2" c/rosca
- 1 válvula esférica PVC de 1/2" c/rosca

- 3 codos de PVC de 1/2"
- 2 tees de PVC de 1/2"
- 1 reducción PVC de 2"-1/2"



**Figura 11.** Tubería de entrada, salida, limpieza y rebose del tanque de almacenamiento.

### **2.5.3. Procedimiento para la instalación del sistema de cloración por goteo con flotador**

Los procedimientos para montaje de tubería y accesorios de ingreso, salida y limpieza del tanque dosador son los siguientes:

#### **2.5.3.1. Procedimiento para montaje de flotador**

- Cortar 3 tubos de PVC de 1/2" de 12.5 cm y de 5 cm.
- Cortar con un taladro y sierra copa de 15 mm una placa de PVC y luego taponar 1 tee de PVC de 1/2", para impermeabilizar.
- Ensamblar con pegamento 4 codos de PVC de 1/2", 1 tee de PVC de 1/2", los 3 tubos de pvc de 1/2" de 12.5 cm y 2 tubos de PVC de 1/2" de 5 cm. Dejar la salida libre de la tee en dirección horizontal y luego pegar el tubo de PVC de 1/2" de 5 cm en la tee taponada.
- Cortar diagonalmente 1 tee de PVC de 1/2" y ampliar el interior con una broca plana de 15 mm, hasta que el niple de 1/2" x 5" c/rosca se ajuste en la tee.

- Ensamblar la tee cortada con el tubo de PVC de 1/2" de 5 cm, cuidando que la dirección del niple sea perpendicular al plano de los tubos flotadores.
- Perforar con el taladro y broca de 5 mm la tee cortada en diagonal, haciendo un ángulo de 45° aproximadamente con el plano formado por los tubos flotadores, e introducir un pedazo de 3 - 4 cm de manguera flexible sin obstruirla.
- Prepara el orificio de 2 mm en el niple de 1/2" x 5" c/rosca con la broca de 2 mm a una distancia de 2 cm aproximadamente de los hilos de la rosca e introducir el niple en la tee cortada, el orificio debe quedar al lado cortado de la tee.
- Perforar en el centro del tapón hembra PVC de 1/2" c/rosca, con la broca de 5 mm y luego introducir la manguera flexible en el orificio; y fijar con pegamento PVC, cuidando que no se obstruya la manguera.



*Figura 12.* Flotador.

### **2.5.3.2. Procedimiento para montaje del soporte de hilo de nylon**

- Medir el diámetro y la distancia del fondo del tanque dosador hasta el orificio de 1/2" ubicado en la parte superior. Cortar 2 tubos de PVC de 1/2" con estas distancias, sustrayendo 3 cm en cada medida y cortar 1 tubo de PVC de 1/2" de 4 cm.

- Perforar 1 codo de PVC de 1/2" con la broca de 5 mm (en el eje del codo) y ensamblar con los 3 tubos de PVC de 1/2".
- Cortar uno de los extremos del tubo 4 cm, haciendo una ranura que llegue hasta el codo. Cortar el extremo inferior del tubo, que se apoyara en el fondo del tanque dosador, haciendo una ranura de 8 cm.
- Fijar el hilo de nylon en la ranura inferior, haciendo un nodo en el extremo del hilo y luego fija el hilo de nylon en la ranura superior pasando por el orificio del codo perforado, haciendo un nodo en el extremo del hilo. No es necesario tensar bien el hilo en un inicio porque se necesitará pasar por el orificio diagonal de la tee cortada del flotador.
- Embonar el tubo de PVC de 1/2" en el orificio de 1/2" de la parte superior del tanque y tapar con el tapón hembra de PVC de 1/2".



*Figura 13.* Soporte del hilo de nylon.

### 2.5.3.3. Procedimiento para montaje de la tubería de ingreso al tanque dosador

Ensamblar con teflón y pegamento PVC los accesorios siguientes:

- 2 adaptadores PVC de 1/2"
- 1 niple de PVC de 1/2"
- 1 unión mixta de PVC de 1/2" c/rosca
- 1 unión universal PVC de 1/2" c/rosca

- 1 válvula esférica PVC de 1/2" c/rosca



*Figura 14.* Tubería de ingreso al tanque dosador.

#### 2.5.3.4. Procedimiento para montaje de la tubería de salida y limpieza del tanque dosador

Ensamblar con teflón y pegamento PVC los accesorios siguientes:

- 4 tubos de PVC de 1/2" x 4 cm
- 8 adaptadores PVC de 1/2"
- 1 unión mixta PVC de 1/2" c/rosca
- 1 niple de PVC de 1/2" x 2"
- 1 tee de PVC de 1/2" c/rosca
- 1 visor UV para tanque de 600 Lts
- 2 tees de PVC de 1/2"
- 1 unión universal PVC de 1/2" c/rosca
- 2 válvulas esféricas PVC de 1/2" c/rosca
- 1 unión mixta PVC de 1/2"
- 1 grifo PVC de 1/2" c/rosca



*Figura 15.* Tubería de salida del tanque dosador.

### 2.5.3.5. Procedimiento para montaje del dispositivo de difusión del cloro

Ensamblar con teflón y pegamento PVC los accesorios siguientes:

- 2 codos de PVC de 1/2"
- 1 tubo de PVC de 1/2" x 10 cm
- 1 tubo de PVC de 1/2" x 4 cm
- 1 tubo de PVC de 1/2" x 8 cm
- 1 tubo de PVC de 1/2" x 25 cm
- 1 tubo de PVC de 1/2" x 17 cm
- 1 tubo de PVC de 1/2"
- 1 tubo de PVC de 1/2" x 20 cm
- 3 adaptadores de PVC de 1/2"
- 1 unión universal PVC de 1/2" c/rosca
- 3 tees de PVC de 1/2"
- 1 reducción de PVC de 2"-1/2"
- 1 válvula de seguridad de PVC de 1/2" c/boya flotadora



**Figura 16.** Dispositivo de difusión del cloro.

### 2.5.3.6. Procedimiento para montaje de las diversas partes

- Introducir el flotador en el tanque y pasar la manguera flexible por el orificio inferior de salida del tanque dosador. Luego abrir una unión universal de PVC de 1/2" y conectar el niple usando teflón a la salida.
- Jalar la manguera flexible hasta quedar tensa, cuando el flotador se encuentre en su posición más alta cortar dejando 2 cm de margen.
- Prepara una placa de PVC y perforar con la broca de 5 mm en el centro de la placa, introducir la manguera flexible en el orificio y fijar con pegamento, cuidando no obstruir la manguera. Cerrar la unión universal con teflón en ambos lados.
- Graduar el tubo de lectura de 10 en 10 litros con marcador indeleble y fijarlo en la salida vertical de 1/2" usando teflón.



*Figura 17.* Tanque dosador.

### 2.5.3.7. Procedimiento de cloración

- Medir el caudal de ingreso con un balde graduado y un cronómetro, hacer tres mediciones consecutivas.
- Medir la demanda de cloro del agua de ingreso, utilizando el método de cloración a tanque lleno:

$$P = \frac{Vol \times d_{cl}}{10 \times 70} \quad (1)$$

Donde:

P: Es la cantidad de hipoclorito de calcio al 70% en g.

Vol: Es el volumen de agua en el reservorio a clorar en L.

$d_{cl}$ : Es la demanda total de cloro en mg/l (asumir 1.5).

- Estimar el tiempo diario de goteo  $t_d$  en h/día:

$$t_d = \frac{n_{fam} \times n_{pers/fam} \times dot \times 24}{Q_e \times 86400} \times f \quad (2)$$

Donde:

$n_{fam}$ : Es el número de familias en la comunidad.

$n_{pers/fam}$ : Es el número promedio de personas por familia, considerado como 5 per/fam.

dot: Es la dotación en L/pers/día.

$Q_e$ : Es el caudal de ingreso del agua en L/s.

f: Es un factor de aumento del consumo debido a fugas o desperdicio en el sistema considerado como 1.5.

- Estimar el caudal de goteo en L/h:

$$Q_{Cl} = \frac{V_{util}}{t_d \times t_{recarga}} \quad (3)$$

Donde:

$V_{util}$ : Es el volumen útil del tanque dosador en L.

$t_{recarga}$ : Es el tiempo de recarga deseado en número de días, considerado como 7 días.

Ajustar la profundidad del orificio del flotador para obtener un caudal cerca del calculado en la etapa anterior. Para eso se mide el goteo en el grifo, usando una jarra de 1 L graduada y el cronómetro. Repetir la operación de ajuste de la profundidad del orificio hasta obtener el caudal de goteo efectivo  $Q_{Cl,efect}$ .

- Calcular la cantidad de cloro en gramos a mezclar en el tanque dosador:

$$P_{Cl} = \frac{d_{Cl} \times Q_e \times V_t}{Q_{Cl,efect} \times \%_{Cl}} \times 3.6 \quad (4)$$

Donde:

$d_{Cl}$ : Es la demanda total de cloro en mg/l.

$Q_e$ : Es el caudal de ingreso al reservorio en L/s.

$V_t$ : Es el volumen total del tanque en L.

$Q_{Cl,efect}$ : Es el caudal efectivo de goteo determinado anteriormente en L/h.

$\%_{Cl}$ : Es el porcentaje de cloro del producto utilizado, considerando 0.7 para hipoclorito de calcio al 70%.

- Calcular la cantidad de hipoclorito de calcio en gramos que se debe colocar en el dosador a cada recarga, se recomienda agregar la siguiente cantidad de cloro:

$$P_{Cl,recarga} = \frac{V_{efect,recarga}}{V_t} \times P_{Cl} \quad (5)$$

Donde:

$V_{efect,recarga}$ : Es el volumen efectivo de la recarga.

$V_t$ : Es el volumen total del tanque en L.

$P_{Cl,recarga}$ : Es la cantidad de cloro a mezclar en la recarga.

Concluido la instalación del sistema de tratamiento convencional de filtro de carbón activado y cloración por goteo, se procedió a realizar los ajustes necesarios para obtener un buen funcionamiento de dicho sistema durante 15 días de monitoreo.

La toma de muestras de agua del río Quilish luego de utilizar filtro de carbón activado y cloración por goteo, se realizó mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia durante 3 semanas (1 día por semana del mes de noviembre). Para ello se usó los protocolos y métodos de muestreo indicado por el laboratorio regional del agua.

## 2.6. Técnicas, instrumentos y procedimientos de análisis de datos

Para el procesamiento y análisis de datos obtenidos mediante ensayos fisicoquímicos y microbiológicos, según los parámetros establecidos en los estándares de calidad ambiental y el reglamento de la calidad de agua para consumo humano, se realizó mediante tablas comparativas y gráficos de columnas en hojas de cálculo del programa Microsoft Excel.

### CAPÍTULO III. RESULTADOS

En la Tabla 13, 14 y 15 se muestran los resultados de ensayos fisicoquímicos y microbiológicos del informe de laboratorio regional del agua, obtenidos durante 3 semanas (1 día por semana) del afluente y efluente de un filtro de carbón activado y cloración por goteo.

**Tabla 13:** Resultados de ensayos fisicoquímicos.

Parámetros Fisicoquímicos	Unidad	ECA	Afluente	LMP	Efluente		
					M-1	M-2	M-3
<b>Turbiedad</b>	UNT	100	39.0	5	34.9	15.9	11.1
<b>pH a 25 °C</b>	Valor de pH	5.5 - 9.0	7.52	6.5 - 8.5	7.67	7.26	7.60
<b>Aceites y Grasas</b>	mg/L	1.7	< LCM	0.5	< LCM	< LCM	< LCM
<b>Color</b>	UCV escala Pt/Co	100	105.3	15	54.7	8.9	5.7

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

UCV = Unidad de color verdadero

LCM = Limite de cuantificación del método

**Tabla 14:** Resultados de ensayos microbiológicos.

Parámetros Microbiológicos	Unidad	ECA	Afluente	LMP	Efluente		
					M-1	M-2	M-3
<b>Coliformes Totales</b>	NMP/100 mL	**	92 x 10 <sup>3</sup>	< 1.8	5.1	< 1.1	< 1.1
<b>Coliformes Termotolerantes</b>	NMP/100 mL	2000	35 x 10 <sup>2</sup>	< 1.8	< 1.1	< 1.1	< 1.1
<b>Escherichia Coli</b>	NMP/100 mL	**	13 x 10 <sup>2</sup>	< 1.8	< 1.1	< 1.1	< 1.1

El símbolo \*\* dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta subcategoría.

**Tabla 15: Resultados de ensayos químicos – metales totales.**

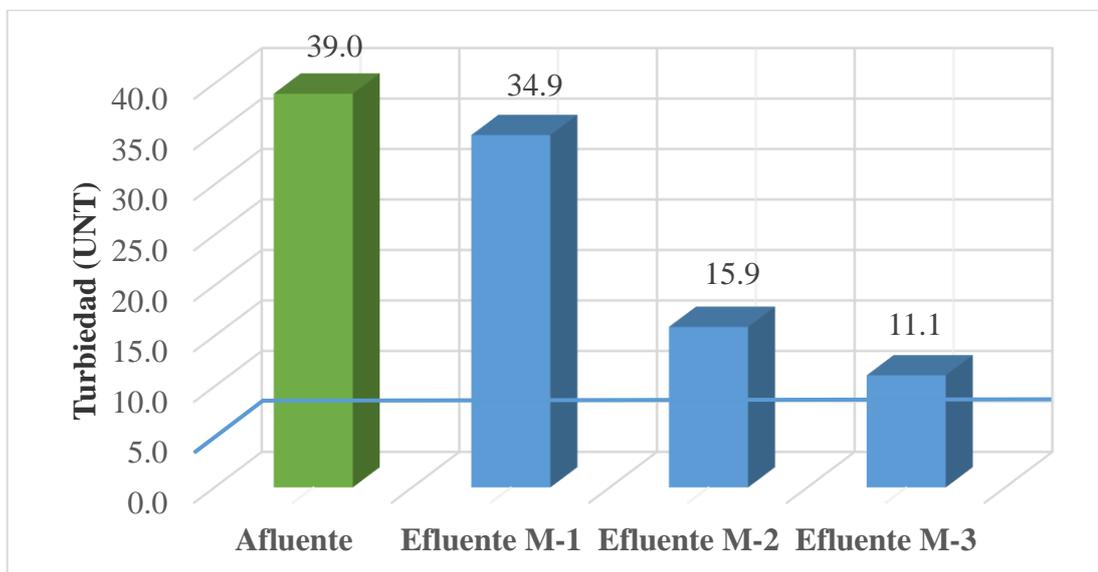
Parámetros Químicos	Unidad	ECA	Afluente	LMP	Efluente		
					M-1	M-2	M-3
<b>Plata (Ag)</b>	mg/L	5.5-9.0	< LCM	6.5 - 8.5	< LCM	< LCM	< LCM
<b>Aluminio (Al)</b>	mg/L	5	2.391	0.2	2.873	0.065	0.493
<b>Arsénico (As)</b>	mg/L	0.01	< LCM	0.01	< LCM	0.004	< LCM
<b>Boro (B)</b>	mg/L	2.4	< LCM	1.5	< LCM	< LCM	< LCM
<b>Bario (Ba)</b>	mg/L	1	0.098	0.7	0.097	0.094	0.088
<b>Berilio (Be)</b>	mg/L	0.04	< LCM	0.012	< LCM	< LCM	< LCM
<b>Cadmio (Cd)</b>	mg/L	0.005	< LCM	0.003	< LCM	< LCM	< LCM
<b>Cromo (Cr)</b>	mg/L	0.05	< LCM	0.05	< LCM	< LCM	< LCM
<b>Cobre (Cu)</b>	mg/L	2	< LCM	2	< LCM	< LCM	< LCM
<b>Hierro (Fe)</b>	mg/L	1	1.791	0.3	2.07	0.408	0.643
<b>Manganeso (Ag)</b>	mg/L	0.4	0.019	0.4	0.018	0.014	0.036
<b>Molibdeno (Mo)</b>	mg/L	**	< LCM	0.07	< LCM	< LCM	< LCM
<b>Níquel (Ni)</b>	mg/L	**	< LCM	0.02	0.005	0.006	0.004
<b>Fósforo (P)</b>	mg/L	0.15	0.176	0.1	0.17	0.117	0.091
<b>Plomo (Pb)</b>	mg/L	0.05	< LCM	0.01	0.003	< LCM	< LCM
<b>Selenio (Se)</b>	mg/L	0.04	< LCM	0.01	< LCM	< LCM	< LCM
<b>Uranio (U)</b>	mg/L	0.02	< LCM	0.015	< LCM	< LCM	< LCM
<b>Zinc (Zn)</b>	mg/L	5	< LCM	3	< LCM	< LCM	< LCM

El símbolo \*\* dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta subcategoría.

LCM = Limite de cuantificación del método.

### 3.1. Resultados de turbiedad

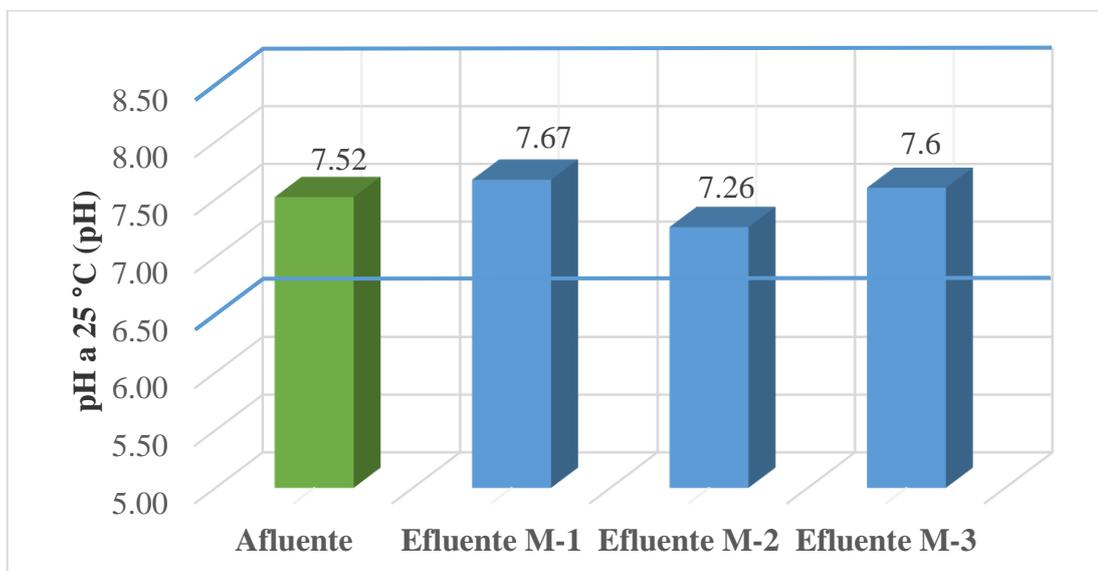
En el Figura 18 se muestran los resultados de turbiedad durante tres semanas; obteniendo un valor de 39.0 UNT en el afluente, y en el efluente 34.9 UNT en la primera semana, 15.9 UNT en la segunda semana y 11.1 en la tercera semana.



**Figura 18.** Resultados de turbiedad.

### 3.2. Resultados de pH

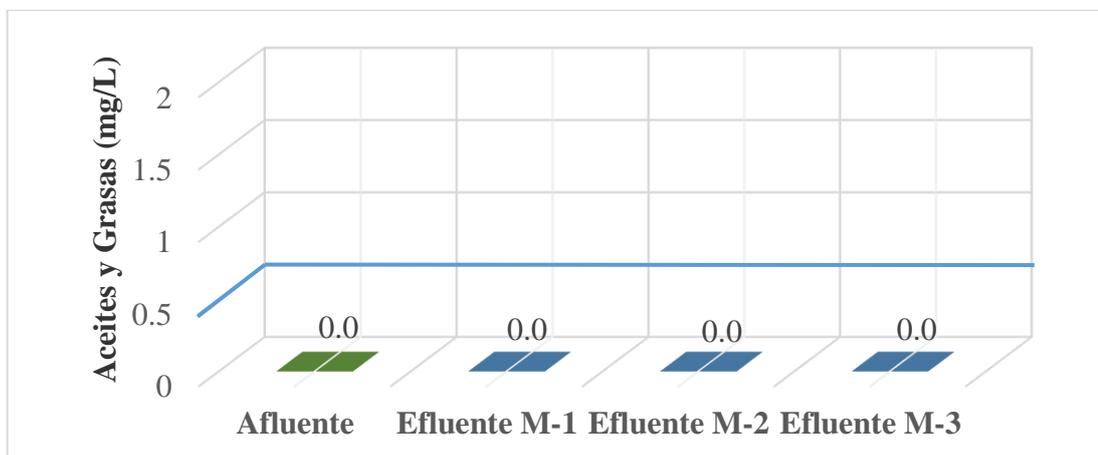
En el Figura 19 se muestran los resultados de pH durante tres semanas; obteniendo un valor de 7.52 pH en el afluente, y en el efluente 7.67 pH en la primera semana, 7.26 pH en la segunda semana y 7.6 pH en la tercera semana.



**Figura 19.** Resultados de pH.

### 3.3. Resultados de aceites y grasas

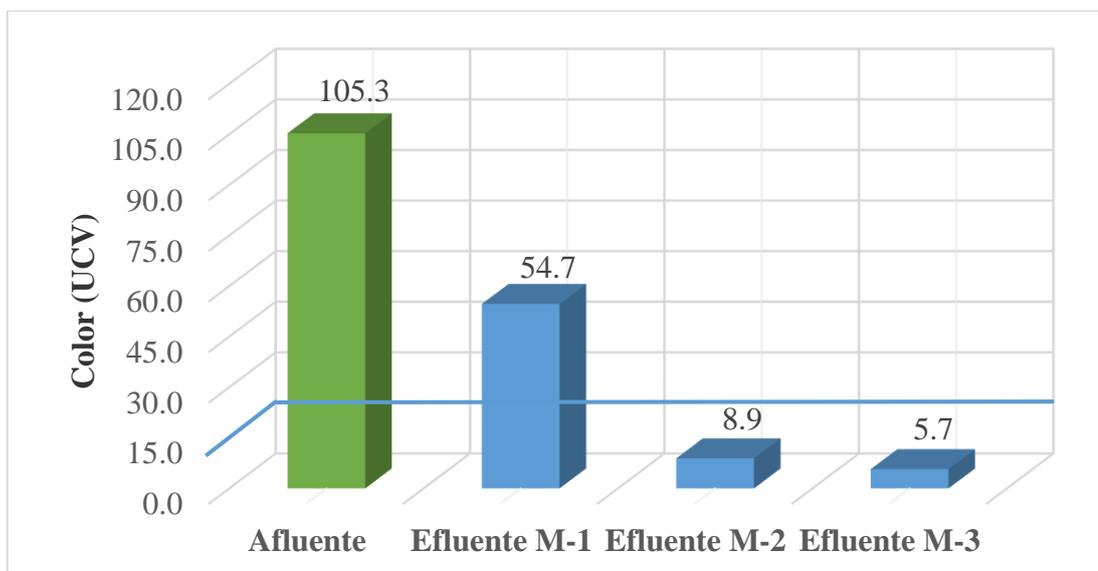
En el Figura 20 se muestran los resultados de aceites y grasas durante tres semanas; obteniendo un valor de 0 mg/L en el afluente, y en el efluente 0 mg/L en la primera semana, 0 mg/L en la segunda semana y 0 mg/L en la tercera semana.



**Figura 20.** Resultados de aceites y grasas.

### 3.4. Resultados de color

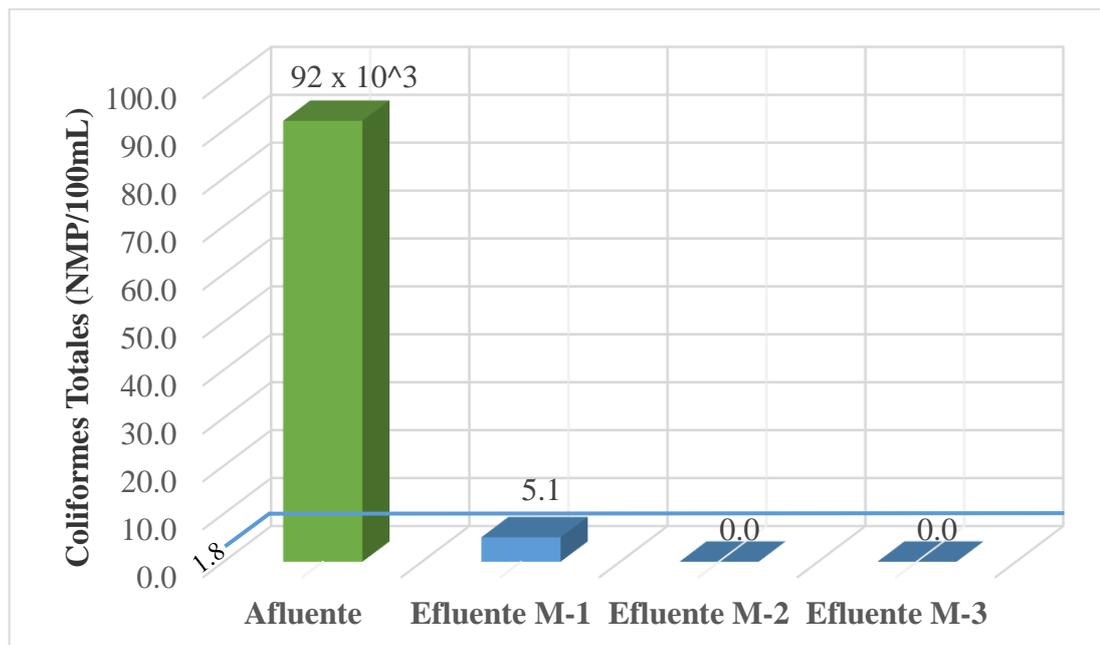
En el Figura 21 se muestran los resultados de color durante tres semanas; obteniendo un valor de 105.3 UCV en el afluente, y en el efluente 54.7 UCV en la primera semana, 8.9 UCV en la segunda semana y 5.7 UCV en la tercera semana.



**Figura 21.** Resultados de color.

### 3.5. Resultados de coliformes totales

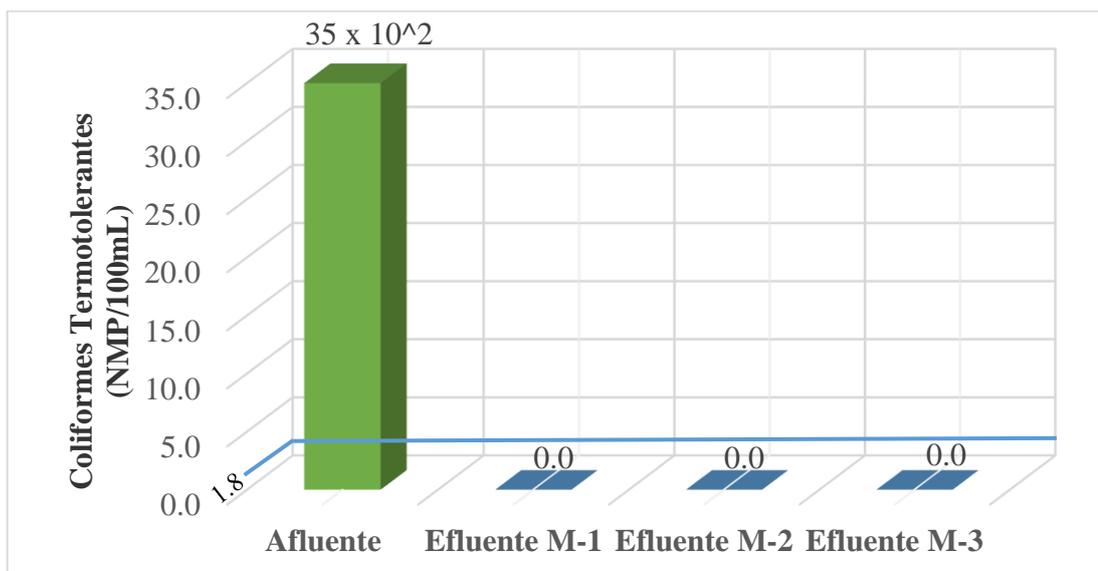
En el Figura 22 se muestran los resultados de coliformes totales durante tres semanas; obteniendo un valor de  $92 \times 10^3$  NMP/100mL en el afluente, y en el efluente 5.1 NMP/100mL en la primera semana, 0 NMP/100mL en la segunda semana y 0 NMP/100mL en la tercera semana.



**Figura 22.** Resultados de coliformes totales.

### 3.6. Resultados de coliformes termotolerantes

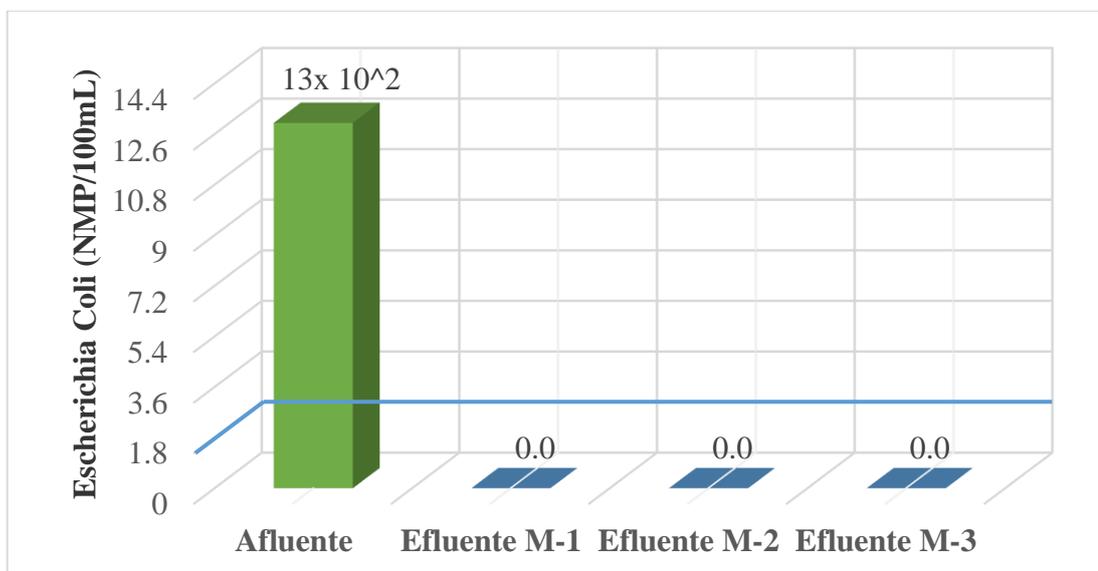
En el Figura 23 se muestran los resultados de coliformes termotolerantes durante tres semanas; obteniendo un valor de  $35 \times 10^2$  NMP/100mL en el afluente, y en el efluente 0 NMP/100mL en la primera semana, 0 NMP/100mL en la segunda semana y 0 NMP/100mL en la tercera semana.



**Figura 23.** Resultados de coliformes termotolerantes.

### 3.7. Resultados de escherichia coli

En el Figura 24 se muestran los resultados de escherichia coli durante tres semanas; obteniendo un valor de  $13 \times 10^2$  NMP/100mL en el afluente, y en el efluente 0 NMP/100mL en la primera semana, 0 NMP/100mL en la segunda semana y 0 NMP/100mL en la tercera semana.



**Figura 24.** Resultados de escherichia coli.

### 3.8. Resultados de metales totales

En el Figura 25 se muestran los resultados de metales totales durante tres semanas, tales como: Aluminio, Arsénico, Bario, Hierro, Manganeso, Níquel, Fósforo, Plomo, obteniendo valores mayores a 0 mg/L y para los metales como Plata, Boro, Berilio, Cadmio, Cromo, Cobre, Molibdeno, Selenio, Uranio, Zinc, se obtuvo un valor de 0 mg/L.

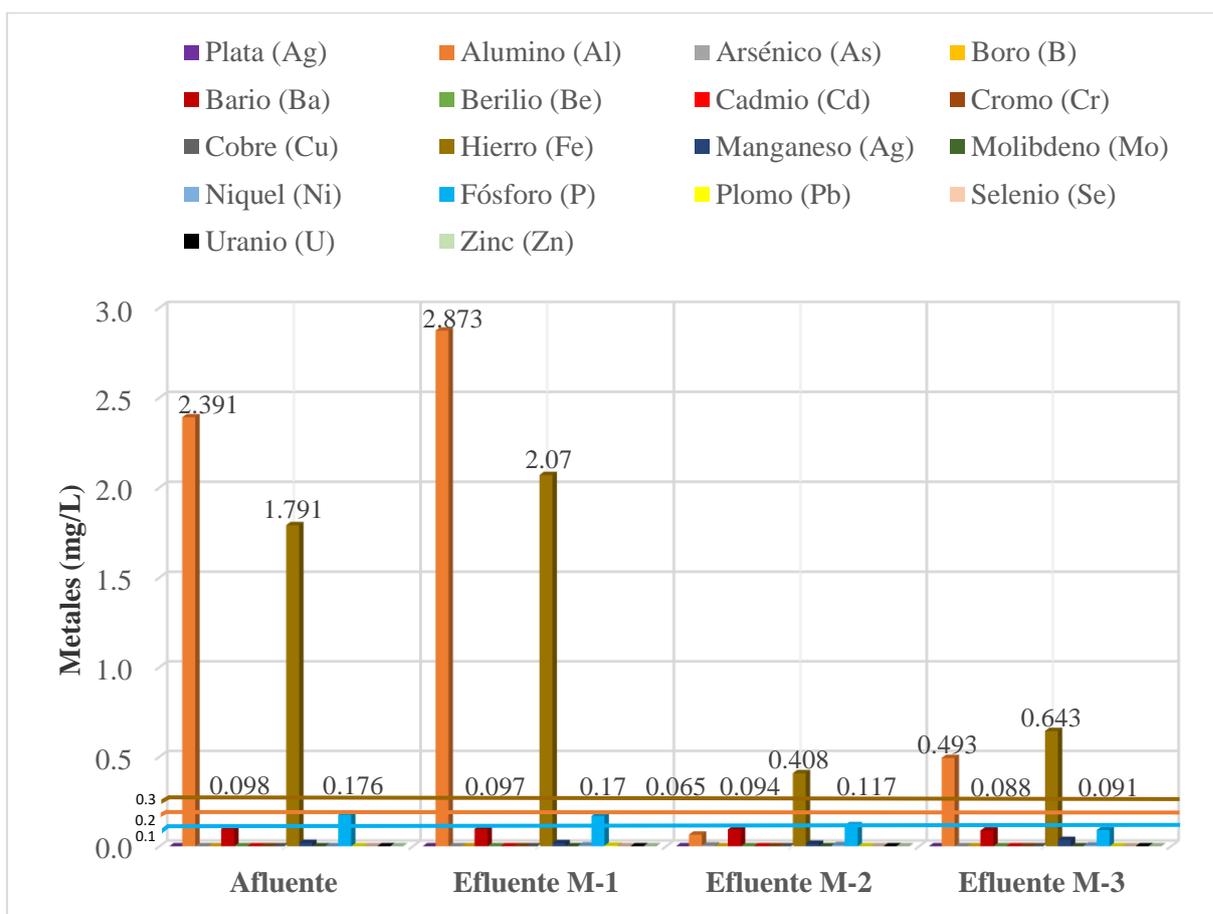


Figura 25. Resultados de metales totales.

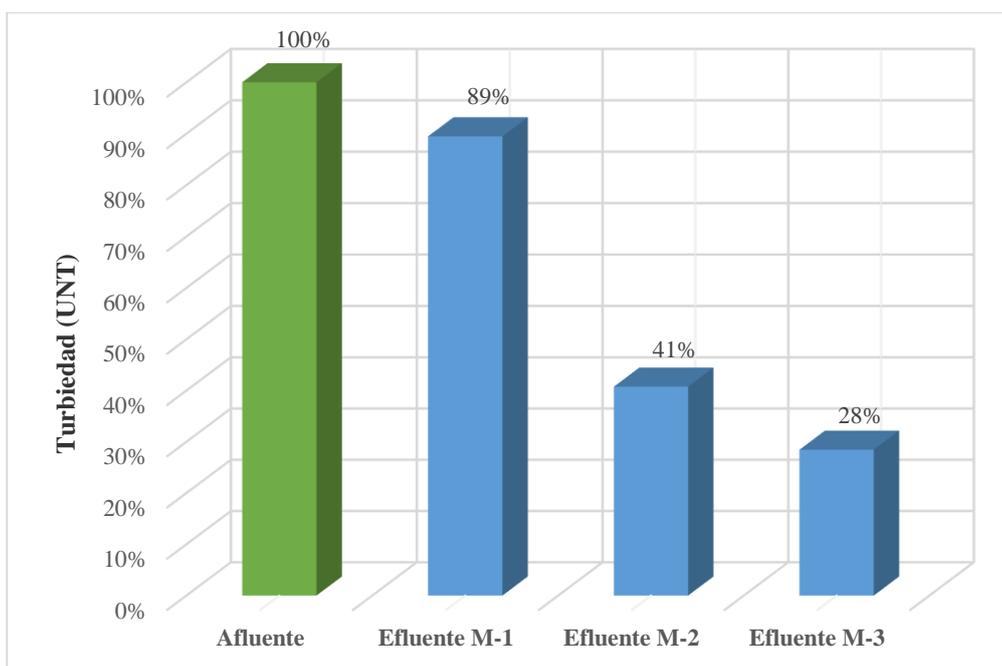
## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

En la investigación titulada “Carbón activado granular, en la mejora de la calidad del agua potable” realizada por Infante (2017) se determinó que las propiedades físicas como turbidez, reduce en 2.54% con respecto a la muestra patrón y el color verdadero se encontró menor al límite máximo permisible; la propiedad química como el pH no se logró el valor ideal que vendría a ser neutro; y las propiedades microbiológicas como coliformes totales y coliformes termotolerantes, el filtro actúa efectivamente bajando de 100% a 0% en un período de tres semanas en manantiales de ladera. Sin embargo, en la presente investigación se analizó los parámetros establecidos en los estándares de calidad ambiental, para elegir la subcategoría de aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable; según los resultados obtenidos el agua del río Quilish pertenece a la subcategoría A2 (Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional). En los parámetros obligatorios del reglamento de la calidad de agua para consumo humano, tales como: Turbiedad, pH, color, coliformes totales, coliformes termotolerantes; también se consideró algunos parámetros adicionales como aceites y grasas, escherichia coli y metales totales, los cuales mejoraron parcialmente con respecto a la muestra patrón y el parámetro residual de desinfectante según el ensayo de DPD se obtuvo un valor promedio de 0.9 ppm en el efluente.

Teniendo como base los datos de la Tabla 13, Tabla 14 y Tabla 15, se realizó el análisis de los resultados del informe de laboratorio regional del agua:

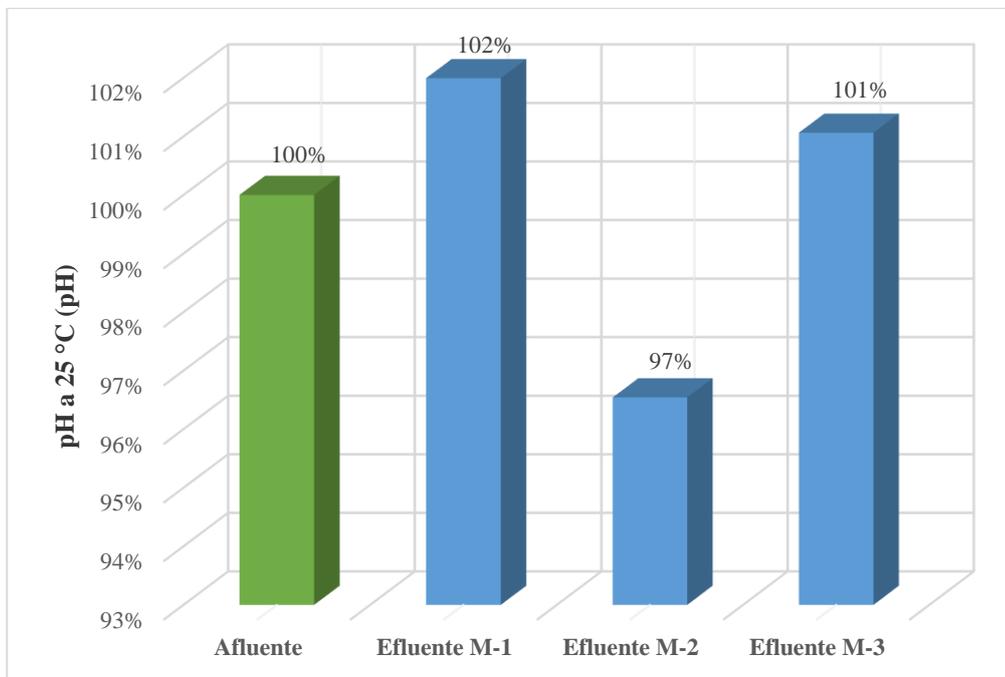
Para el parámetro turbiedad se consideró como 100 % al valor obtenido en el afluente, se observa en la Figura 26 que mejora a 89 % en la primera semana, 41 % en la segunda semana y 28 % en la tercera semana.



**Figura 26.** Turbiedad.

- ✓ En el reglamento de la calidad de agua para consumo humano (2010), establece el Límite Máximo Permisible de 5 UNT para el parámetro de turbiedad. Sin embargo, en la Figura 18 se obtuvo un valor 11.1 UNT en la tercera semana, estando fuera del rango permitido; y en la Figura 26 se estima una mejora de 72 % con respecto al valor del afluente.

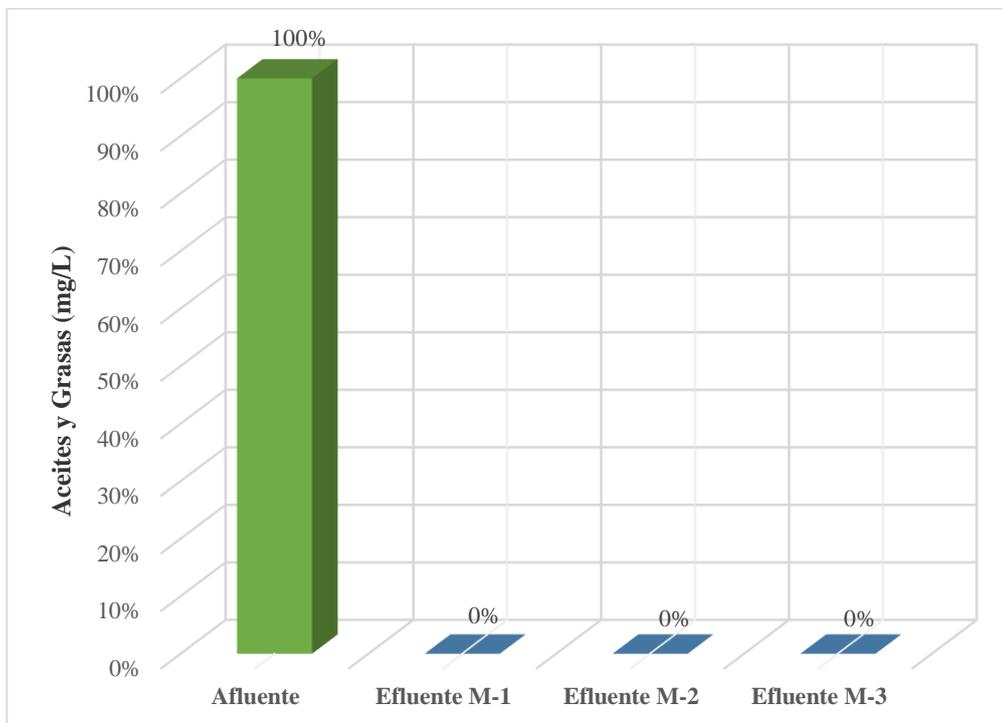
Para el parámetro pH se consideró como 100 % al valor obtenido en el afluente; se observa que aumenta a 102 % en la primera semana, en la segunda semana disminuye a 97 % y en la tercera semana aumenta a 101 %.



**Figura 27.** pH.

- ✓ En el reglamento de la calidad de agua para consumo humano (2010), establece el Límite Máximo Permisible de 6.5 - 8.5 pH para el parámetro pH. Sin embargo, en la Figura 19 se obtuvo un valor promedio de 7.51 pH durante tres semanas, estando dentro del rango permitido; pero se estima un aumento de 2 % - 1 % en la primera y tercera semana con respecto al valor del afluente; y en la Figura 27 se estima una mejora de 100 % con respecto al valor del afluente.

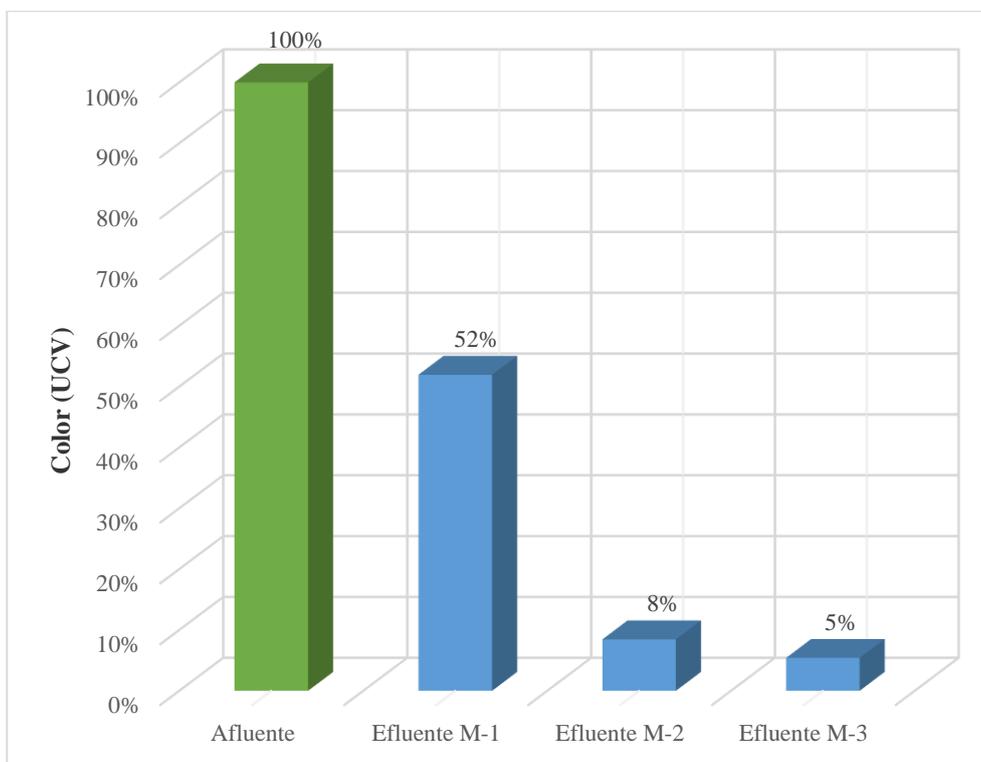
Para el parámetro aceites y grasas se consideró como 100 % al valor obtenido en el afluente; se observa que se mantiene en un 0 % en las tres semanas.



**Figura 28.** Aceites y grasas.

- ✓ En el reglamento de la calidad de agua para consumo humano (2010), establece el Límite Máximo Permisible de 0.5 mg/L para el parámetro aceites y grasas. Sin embargo, en la Figura 20 se obtuvo un valor 0 mg/L las tres semanas, estando dentro del rango permitido; y en la Figura 28 se estima una mejora de 100 % con respecto al valor del afluente.

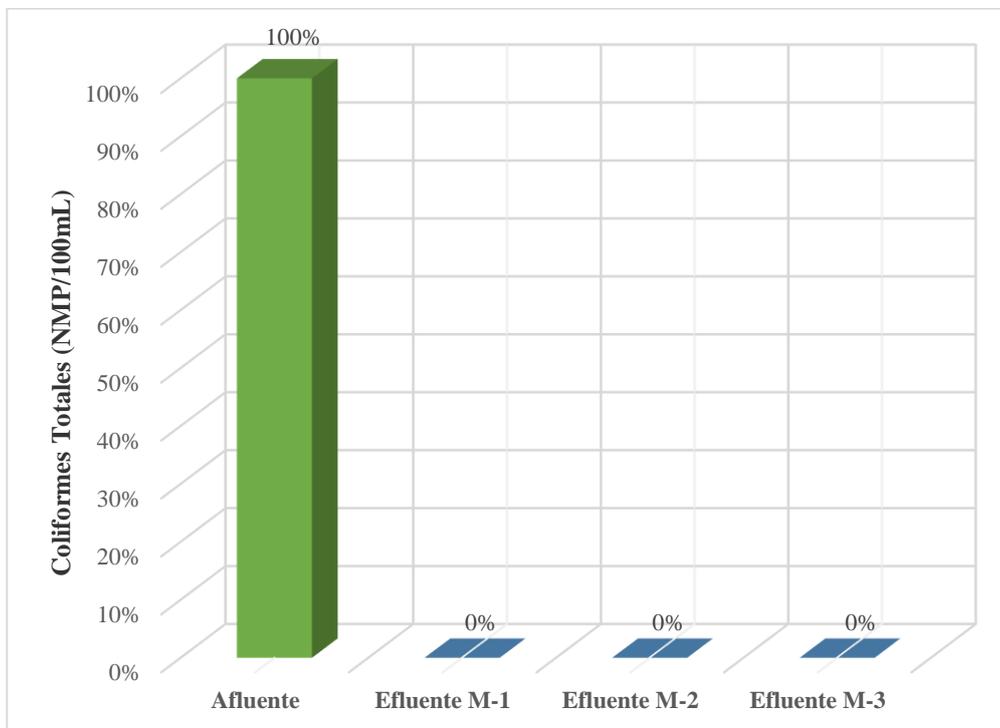
Para el parámetro color se consideró como 100 % al valor obtenido en el afluente; se observa que mejora a 52 % en la primera semana, 8 % en la segunda semana y 5 % en la tercera semana.



**Figura 29.** Color.

- ✓ En el reglamento de la calidad de agua para consumo humano (2010), establece el Límite Máximo Permissible de 15 UCV para el parámetro color. Sin embargo, en la Figura 21 se obtuvo un valor 5.7 UCV en la tercera semana, estando dentro del rango permitido; y en la Figura 29 se estima una mejora de 95% con respecto al valor del afluente.

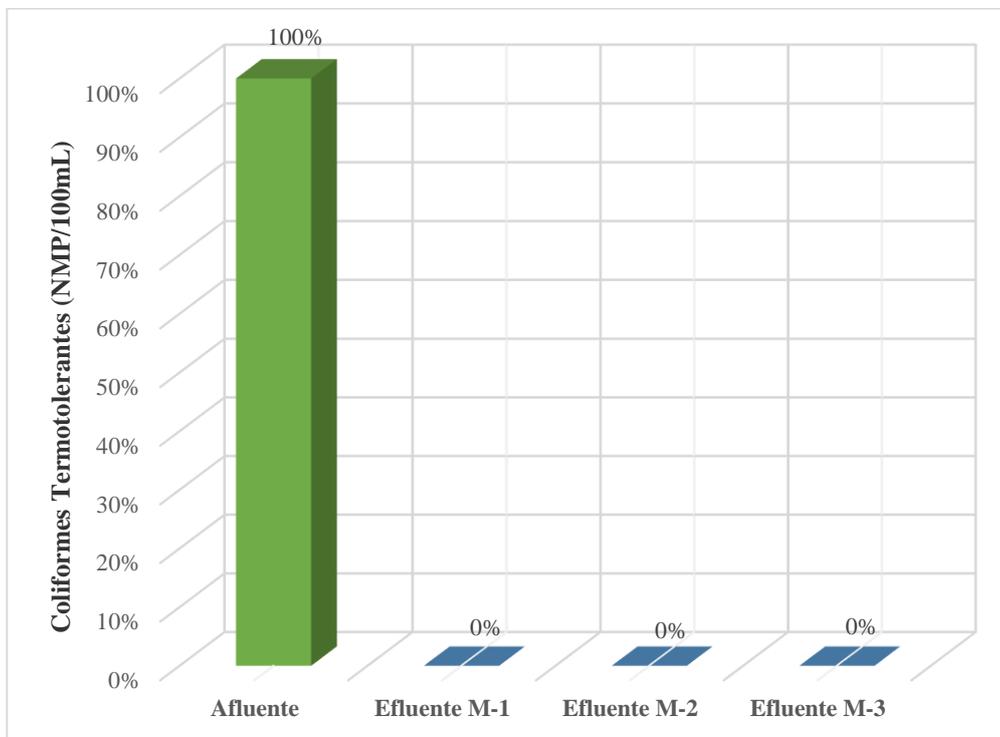
Para el parámetro coliformes totales se consideró como 100 % al valor obtenido en el afluente; se observa que mejora a 0 % en las tres semanas.



**Figura 30.** Coliformes totales.

- ✓ En el reglamento de la calidad de agua para consumo humano (2010), establece el Límite Máximo Permisible de < 1.8 NMP/100mL para el parámetro coliformes totales. Sin embargo, en la Figura 22 se obtuvo un valor 0 NMP/100mL en las tres semanas, estando dentro del rango permitido; y en la Figura 30 se estima una mejora de 100 % con respecto al valor del afluente.

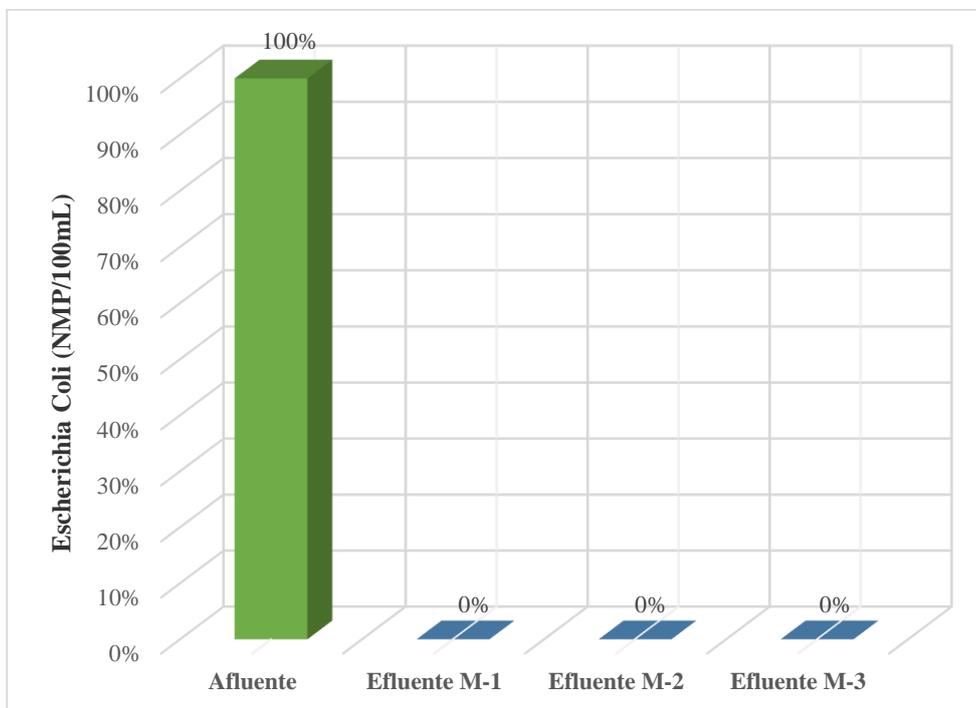
Para el parámetro coliformes termotolerantes se consideró como 100 % al valor obtenido en el afluente; se observa que mejora a 0 % en las tres semanas.



**Figura 31.** Coliformes termotolerantes.

- ✓ En el reglamento de la calidad de agua para consumo humano (2010), establece el Límite Máximo Permisible de  $< 1.8$  NMP/100mL para el parámetro coliformes termotolerantes. Sin embargo, en la Figura 23 se obtuvo un valor 0 NMP/100mL en las tres semanas, estando dentro del rango permitido; y en la Figura 31 se estima una mejora de 100 % con respecto al valor del afluente.

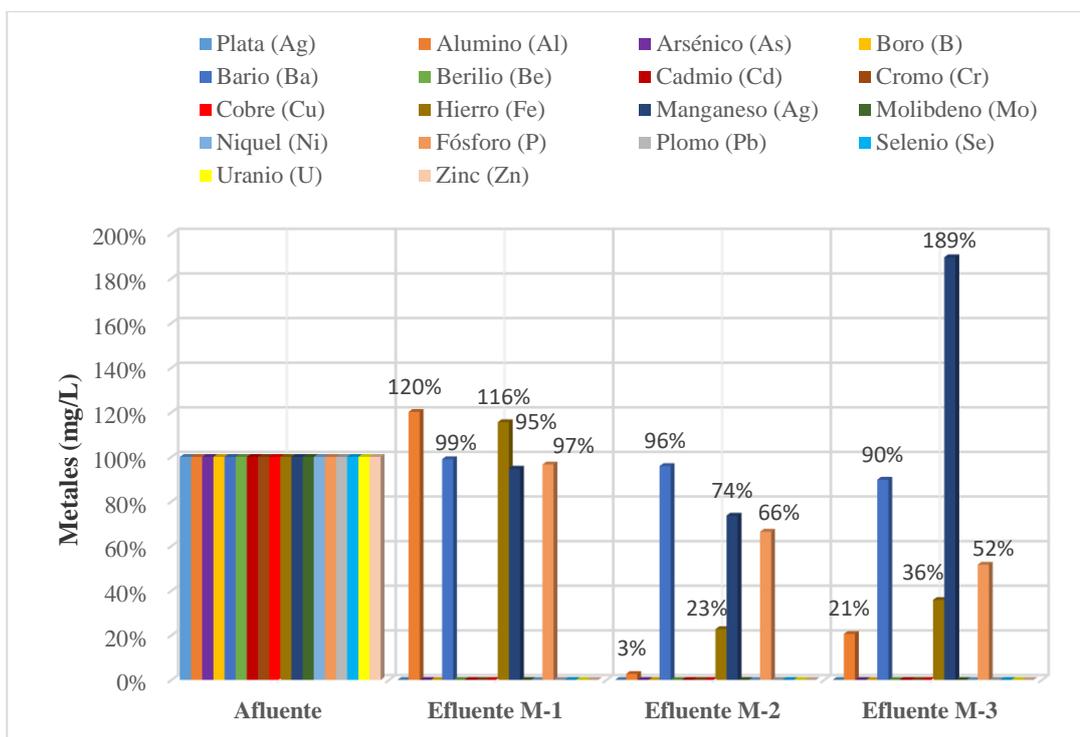
Para el parámetro escherichia coli se consideró como 100 % al valor obtenido en el afluente; se observa que mejora a 0 % en las tres semanas.



**Figura 32.** Escherichia coli.

- ✓ En el reglamento de la calidad de agua para consumo humano (2010), establece el Límite Máximo Permissible de  $< 1.8$  NMP/100mL para el parámetro escherichia coli. Sin embargo, en la Figura 24 se obtuvo un valor 0 NMP/100mL en las tres semanas, estando dentro del rango permitido; y en la Figura 32 se estima una mejora de 100 % con respecto al valor del afluente.

Para el parámetro metales totales se consideró como 100 % al valor obtenido en el afluente; se observa que los parámetros como: Aluminio aumenta a 120 % en la primera semana, en la segunda semana disminuye a 3 % y en la tercera semana aumenta a 21 %; Bario disminuye a 99 % en la primera semana, 96 % en la segunda semana y 90 % en la tercera semana; Hierro aumenta a 116 % en la primera semana, en la segunda semana disminuye a 23% y en la tercera semana aumenta a 36 %; Manganeso disminuye a 95 % en la primera semana, 74 % en la segunda semana y en la tercera semana aumenta a 189 %; Fósforo disminuye a 97 % en la primera semana, 66 % en la segunda semana y 52 % en la tercera semana. Para los metales como Plata, Arsénico, Boro, Berilio, Cadmio, Cromo, Cobre, Molibdeno, Níquel, Plomo, Selenio, Uranio, Zinc se obtuvo un valor de 0%.



**Figura 33.** Metales totales.

- ✓ En el reglamento de la calidad de agua para consumo humano (2010), establece el Límite Máximo Permisible de 0.2 mg/L para el parámetro Aluminio. Sin embargo, en la Figura 25 se obtuvo un valor 0.065 mg/L en la segunda semana, estando dentro del rango permitido; y se estima una mejora de 97 % con respecto al valor del afluente; y el Límite Máximo Permisible de 0.3 mg/L para el parámetro Hierro, se obtuvo un valor de 0.408 mg/L en la segunda semana, estando fuera del rango permitido; pero se estima una mejora de 77 % con respecto al valor del afluente. Para los metales como Plata, Arsénico, Boro, Bario, Berilio, Cadmio, Cromo, Cobre, Manganeseo, Molibdeno, Níquel, Fósforo, Plomo, Selenio, Uranio, Zinc se obtuvo valores entre el rango y por debajo del Límite Máximo Permisible; y en la Figura 33 se estima una mejora de 100 % con respecto al valor del afluente.

En la investigación se cumplió parcialmente la hipótesis, concluyendo que la calidad de agua en el afluente ubicado en la coordenada (770212 E - 9214512 N) y efluente en la coordenada (770281 E - 9214486 N) del río Quilish luego de utilizar filtro de carbón activado y cloración por goteo mejoraron sustancialmente, porque no todos los parámetros superaron el 80 % de mejora en sus propiedades fisicoquímicas y microbiológicas, ya que los resultados obtenidos se encuentran dentro de los límites máximos permisibles, con excepción de los parámetros turbidez, aluminio y hierro que están fuera del rango de los valores establecidos por el reglamento de la calidad de agua para consumo humano.

La falta de disponibilidad de instituciones que financien los gastos de investigación para realizar una evaluación completa de los parámetros establecidos en los estándares de calidad ambiental y el reglamento de la calidad de agua para consumo humano, se optó por los parámetros más importante que tiene que cumplir el agua apta para consumo humano.

Se recomienda realizar un filtro de carbón activado granular según lo que especifica la Resolución Ministerial N° 192-2018-VIVIENDA, para determinar su efectividad ante el proceso de purificación del agua; también se recomienda utilizar otro tipo de agregado, para analizar su efecto en la calidad del agua.

#### **4.2. Conclusiones**

- Se construyó el filtro en un tanque de HDPE con un diámetro de 0.60 m y una altura de 0.80 m, compuesto de grava de 3/4" y 1/4", arena 2.0 mm y carbón activado granular de 0.6 - 0.7 mm; así como también se construyó un tanque de almacenamiento tipo reservorio, constituido de un sistema de nivel estático y un tanque dosador con sistema de cloración por goteo con flotador.
- Se determinó la cantidad de hipoclorito de calcio al 70 % para un tanque dosador de 60 litros, utilizando el sistema de cloración por goteo con flotador; como primer paso se ajustó la demanda total de cloro a tanque lleno obteniendo un valor de 2 mg/L, a continuación se verificó el cloro residual que este entre el rango de 0.5 - 1 ppm; luego se determinó el caudal efectivo de goteo equivalente a 12 L/h y finalmente se calculó la cantidad de hipoclorito de calcio al 70 % para un periodo de 7 días, cuyo peso es 13 g.

- Se analizaron las propiedades físicas, químicas y microbiológicas de agua del río Quilish luego de utilizar filtro de carbón activado y cloración por goteo, establecidas en el reglamento de la calidad de agua para consumo humano, tales como: Turbiedad que se obtuvo un valor de 11.1 UNT en la tercera semana y una mejora de 72% con respecto al valor del afluente; pH se obtuvo un valor promedio de 7.51 pH en las tres semanas y una mejora de 100%; Color se obtuvo un valor de 5.7 UCV en la tercera semana y una mejora de 95%; Para los parámetros aceites y grasas, coliformes totales, coliformes termotolerantes, escherichia coli, se obtuvo un valor de 0 NMP/100mL y una mejora de 100%; Y para los parámetros metales totales como: Plata, arsénico, boro, bario, berilio, cadmio, cromo, cobre, manganeso, molibdeno, níquel, fósforo, plomo, selenio, uranio, zinc se obtuvo valores menores e iguales a 0 mg/L en la tercera semana y una mejora de 100% con respecto al valor del afluente; Aluminio se obtuvo valores variables entre el más favorable es de 0.065 mg/L en la segunda semana y una mejora de 97 %; Así mismo el parámetro hierro se obtuvo un valor de 0.408 mg/L en la segunda semana y una mejora de 77 %. En los parámetros pH, aceites y grasas, color, coliformes totales, coliformes termotolerantes, escherichia coli, se obtuvieron valores por debajo de los límites máximos permisibles, con expresión de la turbiedad que se obtuvo un valor fuera del límite máximo permisible y los metales como: Plata, arsénico, boro, bario, berilio, cadmio, cromo, cobre, manganeso, molibdeno, níquel, fósforo, plomo, selenio, uranio, zinc se alcanzó valores entre el rango y por debajo de los límites máximos permisibles, con expresión del aluminio y el hierro que se lograron valores fuera del límite máximo permisible.

## REFERENCIAS

- Arana Correa, J. E. (2016). *Evaluación de la aplicación de carbón activado granular en la filtración del agua clarificada del río Cauca*. (Tesis de Pregardo). Universidad del Valle, Santiago de Cali.
- Castillo, O., Escobar, R., & Parra, N. (2005). *Modelos de gestión y sostenibilidad en proyectos de agua y saneamiento en el área rural*. Cajamarca.
- Comisión Preparatoria para el VII Foro Mundial del Agua. (2015). *VII Foro mundial del agua COREA*. Lima.
- COSUDE, & CARE. (2018). *Compendio de innovaciones tecnológicas en agua y saneamiento rural*. Lima.
- Escuela Politécnica Superior. (2018). *Manual del carbon activo*. Universidad de Sevilla.  
Recuperado de  
<http://www.elaguapotable.com/Manual%20del%20carb%C3%B3n%20activo.pdf>
- Etienne, Y., & Diaz, N. (2014). *Sistemas de cloración por goteo tecnología SABA PLUS*. Cajamarca.
- Ferrera, I., Falck, M., Beraún, M., & Valarezo, A. (2015). *Análisis del marco político legal sobre recursos hídricos en Honduras*. Honduras.
- Infante Chipile, D. (2017). *Carbón activo granular, el la mejora de la calidad del agua potable*. (Tesis de Pregardo). Universidad Privada del Norte, Cajamarca.
- Lozano Rivas, W. A. (2015). *Potabilización del agua*. Universidad Piloto de Colombia.
- MINAM. (2017). *Estándares de calidad ambiental (ECA)*. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Lima.
- MINSA. (2010). *Reglamento de la calidad del agua para consumo humano*. Decreto Supremo N° 031-2010.SA. Lima.

República, L. (2018). *Solo cinco provincias tienen un eficiente servicio de agua*. La República.

SUNASS. (2017). *Avances y desafíos del saneamiento rural en el marco de la gestión integrada de los recursos hídricos del Perú*. Recuperado de <http://www.sunass.gob.pe/boletin2017/agosto/nota1.htm>

Tonato Tualumbo, J. (2010). *Diseño e implementación de un sistema de control HMI en la planta de tratamiento de agua de las calderas de vapor para la refinería estatal de esmeraldas*. Ecuador.

VIVIENDA. (2018). *Opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural/Resolución Ministerial N° 192-2018-VIVIENDA*. Lima.

Zhen Wu, B. Y. (2009). *Calidad físico química y bacteriológica del agua para consumo humano de la microcuenca de la quebrada Victoria*. Costa Rica.

## ANEXOS

### ANEXO n.º 1. Cálculo de cloración por goteo con flotador.

Determinación del caudal de goteo y la concentración de la solución clorada.

- Caudal de ingreso.

$$Q_e = 0.26 \text{ L/s}$$

- Cantidad de hipoclorito de calcio al 70%.

$$P = (180 \times 2) / (10 \times 70)$$

$$P = 0.51 \text{ g} \simeq P = 0.50 \text{ g}$$

- Tiempo diario de goteo.

$$t_d = \frac{1 \times 5 \times 50 \times 24}{0.26 \times 86400} \times 1.5$$

$$t_d = 0.40 \text{ h/dia}$$

- Estimar el caudal de goteo.

$$Q_{Cl} = \frac{50}{0.40 \times 7}$$

$$Q_{Cl} = 17.86 \text{ L/h}, Q_{Cl,efect} = 12.00 \text{ L/h}$$

- Cantidad de hipoclorito de calcio al 70% a mezclar en el dosador.

$$P_{Cl} = \frac{2 \times 0.26 \times 60}{12 \times 0.7} \times 3.6$$

$$P_{Cl} = 13.37 \text{ g}$$

$$P_{Cl} = 13.00 \text{ g}$$

- Cantidad de hipoclorito de calcio al 70% para cada recarga.

$$P_{Cl,recarga} = \frac{50}{60} \times 13.37$$

$$P_{Cl,recarga} = 11.14 \text{ g}$$

$$P_{Cl,recarga} = 11.00 \text{ g}$$

**ANEXO n.º 2.** Especificaciones técnicas del carbón activado granular.

## Norit<sup>®</sup> GAC 1240 W

### WHY CABOT

Cabot Norit Activated Carbon is a premier activated carbon manufacturer respected for experienced people, diverse products and strong customer relationships. Cabot's history of innovation, product performance, technical expertise and customer focus ensure that you receive the right products and solutions for your specific purification needs.

Norit GAC 1240 W is a granular activated carbon, which is suitable in a wide range of applications such as purification of (potable) water and industrial process liquids. Norit GAC 1240 W is very suitable for removal of f.i. natural organics, pesticides, detergents, chlorinated solvents and compounds causing taste and odour problems. Norit GAC 1240 W is produced by steam activation of coal; its superior hardness makes it particularly suited for thermal reactivation.

Norit GAC 1240 W meets the requirements of the latest version of the U.S. Food Chemicals Codex and the Drinking Water Standard EN 12915 (European Normalisation, 2009).

### SPECIFICATIONS

Iodine number	min. 950	-
Particle size > 12 mesh (1.70 mm)	max. 10	mass-%
Particle size < 40 mesh (0.425 mm)	max. 5	mass-%
Moisture (as packed)	max. 5	mass-%

### GENERAL CHARACTERISTICS

Iodine number	975	-
Methylene blue adsorption	20	g/100 g
Total surface area (B.E.T.)	1100	m <sup>2</sup> /g
Apparent density	500	kg/m <sup>3</sup>
Density backwashed and drained	445	kg/m <sup>3</sup>
Ball-pan hardness	97	-
Effective Size D <sub>50</sub>	0.6-0.7	mm
Uniformity coefficient	1.7	-
Ash content	12	mass-%
Water soluble Ash	0.1	mass-%
pH	alkaline	-
Dechlorination halving value	2.5	cm



# Norit<sup>®</sup> GAC 1240 W

## NOTES

- 1 All analyses based on Norit Standard Test Methods (NSTM)
- 2 Specifications are guaranteed values based on lot to lot quality control, as covered by Norit's ISO 9001 certification.
- 3 General characteristics reflect average values of product quality.
- 4 Detailed information on the hydrodynamic properties can be found in Technical Bulletin 79 - Hydrodynamic Properties of Norit Granular Activated Carbon grades.
- 5 The superior hardness makes this product very suitable for thermal reactivation. Reactivation of exhausted carbon can be carried out in kilns on site or at one of Norit's facilities. The best option depends on the distance between client and nearest Norit facilities and on the amount of carbon to be reactivated per annum.
- 6 The level of floaters measured according to EN 12915 amounts to <1 mass-%. Under practical conditions a fraction of the carbon may wet slowly. Please refer to Norit Technical Bulletin 41B.

## PACKAGING

### Norit<sup>®</sup> GAC 1240 W is available in:

- Multiply paper bags of 25 kg, 2 x 20 bags per pallet, shrink wrapped (1000 kg net weight per pallet)
- Bulk bags of 2 x 500 kg net weight on a pallet, shrink wrapped
- Bulk tank cars

Product availabilities depend on the type of packaging.



**NORTH AMERICA**  
Cabot Corporation Business  
and Technical Center  
107 Concord Road  
Billerica, MA 01821-7000 USA  
**TEL** 800 422 7313  
**FAX** +1 978 670 7030

**SOUTH AMERICA**  
Cabot Latin American Division  
Rue do Paraiso, 14E - D<sup>a</sup> andar  
04103-000, Sao Paulo, SP  
BRAZIL  
**TEL** +55 11 2144 6400  
**FAX** +55 11 3293 0051

**EUROPE**  
Cabot Norit Nederland B.V.  
P.O. Box 100  
3800 AC Amersfoort  
The Netherlands  
**TEL** +31 33 46 48 981  
**FAX** +31 33 46 17 428

**ASIA PACIFIC**  
Cabot Regional Headquarters  
538 Shuangbai Road  
Shanghai 201008, CHINA  
**TEL** +86 21 5175 8800  
**FAX** +86 21 6434 5032

**JAPAN**  
Cabot Norit Japan K.K.  
Sumitomo Chiba-Daimon bldg 3F  
2-5-5 Shiba-Daimon, Minato-ku,  
Tokyo 105-0012, JAPAN  
**TEL** +81 3 3434 6551  
**FAX** +81 3 3434 6478

This information is provided as a convenience and for informational purposes only. No guarantee or warranty as to this information, or any product to which it relates, is given or implied. Cabot disclaims all warranties express or implied, including merchantability or fitness for a particular purpose as to (i) such information, (ii) any product or (iii) intellectual property infringement. In no event is Cabot responsible for, and Cabot does not accept and hereby disclaims liability for, any damages whatsoever in connection with the use of or reliance on this information or any product to which it relates.

**ANEXO n.º 3. Resultados de ensayos fisicoquímicos y microbiológicos M-1.**

**INFORME DE ENSAYO N° IE 1018631**

**DATOS DEL CLIENTE/USUARIO**

Razon Social/Usuario: **ROSMEL ELI DIAZ DIAZ**  
 Dirección: **Jr. Garcilaso de la Vega N° 132 - Cajamarca**  
 Persona de contacto: - Correo electrónico: **diazrosmel@hotmail.com**

**DATOS DE LA MUESTRA**

Fecha del Muestreo: **31.10.18** Hora: **10:00 a 10:30**  
 Tipo de Muestreo: **Puntual**  
 Número de Muestras: **02** N° Frascos x muestra: **04**  
 Ensayos solicitados: **Fisicoquimicos y Microbiológicos**  
 Breve descripción del estado de la muestra: **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**  
 Responsable de la toma de muestra: **Las muestras fueron tomadas por el personal usuario**  
 Procedencia de la Muestra: **PLAN TUAL - CAJAMARCA**

**DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO**

N° Contrato: **SC - 730** Cadena de Custodia: **CC - 630 - 18**  
 N° Orden de Trabajo: **1018630**  
 Fecha y Hora de Recepción: **31.10.18 12:15** Inicio de Ensayo: **31.10.18 12:35**  
 Reporte Resultado: **07.11.18 16:00**



Enver Zulueta Santa Cruz  
Responsable Técnico (e)  
CBP: 9778

Cajamarca, 10 de Noviembre de 2018.

INFORME DE ENSAYO N° IE 1018631

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente			M1 - PATRON	M1 - SEMANA 1	-	-	-	-
Código Laboratorio			1018631-01	1018631-02	-	-	-	-
Matriz de Agua			NATURAL	USO Y CONSUMO	-	-	-	-
Descripción			Superficial	bebida	-	-	-	-
Localización de la Muestra			N: 9214512 E: 770212	N: 9214486 E: 770281	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Plata (Ag)	mg/L	0.017	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Aluminio (Al)	mg/L	0.022	2.391	2.873	-	-	-	-
Arsénico (As)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Boro (B)	mg/L	0.021	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Bario (Ba)	mg/L	0.002	0.098	0.097	-	-	-	-
Berilio (Be)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Bismuto (Bi)	mg/L	0.016	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Calcio (Ca)	mg/L	0.070	17.26	19.89	-	-	-	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Cobalto (Co)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Cromo (Cr)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Cobre (Cu)	mg/L	0.014	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Hierro (Fe)	mg/L	0.019	1.791	2.070	-	-	-	-
Potasio (K)	mg/L	0.049	5.604	5.693	-	-	-	-
Litio (Li)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Magnesio (Mg)	mg/L	0.017	3.585	3.678	-	-	-	-
Manganeso (Mn)	mg/L	0.002	0.019	0.018	-	-	-	-
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Sodio (Na)	mg/L	0.016	14.42	14.87	-	-	-	-
Niquel (Ni)	mg/L	0.002	<LCM	0.005	-	-	-	-
Fósforo (P)	mg/L	0.020	0.176	0.170	-	-	-	-
Plomo (Pb)	mg/L	0.003	<LCM	0.003	-	-	-	-
Azufre (S)	mg/L	0.085	12.86	10.88	-	-	-	-
Antimonio (Sb)	mg/L	0.005	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Selenio (Se)	mg/L	0.017	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Silicio (Si)	mg/L	0.085	19.04	20.02	-	-	-	-
Estroncio (Sr)	mg/L	0.002	0.239	0.242	-	-	-	-
Titanio (Ti)	mg/L	0.004	0.026	0.031	-	-	-	-
Talio (Tl)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Uranio (U)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Vanadio (V)	mg/L	0.003	0.003	0.010	-	-	-	-
Zinc (Zn)	mg/L	0.016	<LCM	<LCM	-	-	-	-

Cajamarca, 10 de Noviembre de 2018.

INFORME DE ENSAYO N° IE 1018631

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS					
Código Cliente	M1 - PATRON	M1 - SEMANA 1	-	-	-	-	-	
Código Laboratorio	1018631-01	1018631-02	-	-	-	-	-	
Matriz de Agua	NATURAL	USO Y CONSUMO	-	-	-	-	-	
Descripción	Superficial	bebida	-	-	-	-	-	
Localización de la Muestra	N:9214512 E: 770212	N:9214486 E: 770281	-	-	-	-	-	
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Turbidez	NTU	0.09	39.0	34.9	-	-	-	-
pH a 25°C	pH	NA	7.52	7.67	-	-	-	-
(*) Aceites y Grasas	mg/L	2.5	<LCM	<LCM	-	-	-	-
(*) Color Verdadero	UC	4.0	105.3	54.7	-	-	-	-

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Coliformes Totales	NMP/ 100mL	1.8 / 1.1	92 x 10 <sup>3</sup>	5.1	-	-	-	-
Coliformes Termotolerantes	NMP/ 100mL	1.8 / 1.1	35 x 10 <sup>2</sup>	<1.1	-	-	-	-
Escherichia coli	NMP/ 100mL	1.8 / 1.1	13 x 10 <sup>2</sup>	<1.1	-	-	-	-

  
Ing. Qco. Mariana de la Cruz Sarmiento  
Analista Responsable de Química  
CIP: 119544

LABORATORIO REGIONAL  
DEL AGUA

Cajamarca, 10 de Noviembre de 2018.

INFORME DE ENSAYO N° IE 1018631

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Metales Disueltos y Totales por ICP-OES (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Ce, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, K, Li, Na, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, S, Sb, Se, Si, Sr, Ti, Tl, U, V, Zn)	mg/L	EPA Method 200.7 Rev. 4.4, 1994. (Validado) 2014 Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry
Turbidez	NTU	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130. B. 23rd Ed. 2017. Turbidity. Nephelometric Method
Potencial de Hidrogeno (pH) a 25°C	pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B. 23rd Ed. 2017. pH Value: Electrometric Method.
Aceites y Grasas	mg/L	EPA Method 1664 Rev. B. 2010. n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SOT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry.
Color Verdadero	UC	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C. 23rd Ed. 2017. Color. Spectrophotometric Single Wavelength Method (Proposed)
Coliformes Totales	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C. 23rd Ed. 2017. Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E. 23rd Ed. 2017. Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.
Escherichia coli	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E,G. 23rd Ed. 2017. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Other Escherichia coli Procedures.

OBSERVACIONES

LCM: Límite de cuantificación del métodos. VE: Valor Estimado

Los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.

Los Resultados Microbiológicos <1,0, 1,1, <1,0; significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecia crecimiento bacteriano en la muestra.

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica ND: No determinado

(†) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.

Código del Formato: RT1-3.10-01 Rev. N°05 Fecha: 06/05/2017

NOTAS FINALES

- ✓ Los resultados indicados en este Informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025.
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.



Cajamarca, 10 de Noviembre de 2018.

LABORATORIO REGIONAL  
DEL AGUA

**ANEXO n.º 4.** Resultados de ensayos fisicoquímicos y microbiológicos M-2.

**INFORME DE ENSAYO N° IE 1118638**

**DATOS DEL CLIENTE/USUARIO**

Razon Social/Usuario **ROSMEL ELI DIAZ DIAZ**  
 Dirección **Jr. Garcilaso de la Vega N° 132 - Cajamarca**  
 Persona de contacto **-** Correo electrónico **[diazrosmel@hotmail.com](mailto:diazrosmel@hotmail.com)**

**DATOS DE LA MUESTRA**

Fecha del Muestreo **05.11.18** Hora: **11:30**  
 Tipo de Muestreo **Puntual**  
 Número de Muestras **01** N° Frascos x muestra **04**  
 Ensayos solicitados **Fisicoquímicos y Microbiológicos**  
 Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**  
 Responsable de la toma de muestra **Las muestras fueron tomadas por el personal usuario**  
 Procedencia de la Muestra: **PLAN TUAL - CAJAMARCA**

**DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO**

N° Contrato **SC - 736** Cadena de Custodia **CC - 638 - 18**  
 N° Orden de Trabajo **1118638**  
 Fecha y Hora de Recepción **05.11.18 12:55** Inicio de Ensayo **05.11.18 14:40**  
 Reporte Resultado **12.11.18 16:00**

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA  
  
 Elgo. Juan V. Díaz Saenz  
RESPONSABLE  
CNP 1399

Cajamarca, 13 de Noviembre de 2018.

INFORME DE ENSAYO N° IE 1118638

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente	M2 - SEMANA 2		-	-	-	-	-	-
Código Laboratorio	1118638-01		-	-	-	-	-	-
Matriz de Agua	USO Y CONSUMO		-	-	-	-	-	-
Descripción	POTABLE		-	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	N:9214496 E: 770281		-	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Plata (Ag)	mg/L	0.017	<LCM	-	-	-	-	-
Aluminio (Al)	mg/L	0.022	0.065	-	-	-	-	-
Arsénico (As)	mg/L	0.003	0.004	-	-	-	-	-
Boro (B)	mg/L	0.021	<LCM	-	-	-	-	-
Bario (Ba)	mg/L	0.002	0.094	-	-	-	-	-
Berilio (Be)	mg/L	0.002	<LCM	-	-	-	-	-
Bismuto (Bi)	mg/L	0.016	<LCM	-	-	-	-	-
Calcio (Ca)	mg/L	0.070	23.89	-	-	-	-	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	<LCM	-	-	-	-	-
Cobalto (Co)	mg/L	0.002	<LCM	-	-	-	-	-
Cromo (Cr)	mg/L	0.002	<LCM	-	-	-	-	-
Cobre (Cu)	mg/L	0.014	<LCM	-	-	-	-	-
Hierro (Fe)	mg/L	0.019	0.408	-	-	-	-	-
Potasio (K)	mg/L	0.049	6.053	-	-	-	-	-
Litio (Li)	mg/L	0.004	<LCM	-	-	-	-	-
Magnesio (Mg)	mg/L	0.017	4.566	-	-	-	-	-
Manganeso (Mn)	mg/L	0.002	0.014	-	-	-	-	-
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.002	<LCM	-	-	-	-	-
Sodio (Na)	mg/L	0.018	13.95	-	-	-	-	-
Níquel (Ni)	mg/L	0.002	0.006	-	-	-	-	-
Fósforo (P)	mg/L	0.020	0.117	-	-	-	-	-
Plomo (Pb)	mg/L	0.003	<LCM	-	-	-	-	-
Azufre (S)	mg/L	0.085	27.17	-	-	-	-	-
Antimonio (Sb)	mg/L	0.005	<LCM	-	-	-	-	-
Selenio (Se)	mg/L	0.017	<LCM	-	-	-	-	-
Silicio (Si)	mg/L	0.085	13.91	-	-	-	-	-
Estroncio (Sr)	mg/L	0.002	0.292	-	-	-	-	-
Titanio (Ti)	mg/L	0.004	<LCM	-	-	-	-	-
Talio (Tl)	mg/L	0.003	<LCM	-	-	-	-	-
Uranio (U)	mg/L	0.004	<LCM	-	-	-	-	-
Vanadio (V)	mg/L	0.003	<LCM	-	-	-	-	-
Zinc (Zn)	mg/L	0.016	<LCM	-	-	-	-	-

Cajamarca, 13 de Noviembre de 2018.

INFORME DE ENSAYO N° IE 1118638

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS				
Código Cliente	M2 - SEMANA 2		-	-	-	-	-
Código Laboratorio	1118638-01		-	-	-	-	-
Matriz de Agua	USO Y CONSUMO		-	-	-	-	-
Descripción	POTABLE		-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	N: 9214486 E: 770281		-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados				
Turbidez	NTU	0.09	15.9	-	-	-	-
* pH a 25°C	pH	NA	7.26	-	-	-	-
(*) Aceites y Grasas	mg/L	2.5	<LCM	-	-	-	-
(*) Color Verdadero	UC	4.0	8.9	-	-	-	-

ENSAYOS			Resultados				
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados				
Coliformes Totales	NMP/100mL	1.1	<1.1	-	-	-	-
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.1	<1.1	-	-	-	-
Escherichia coli	NMP/100mL	1.1	<1.1	-	-	-	-

  
Ing. Qco. Mariano de la Cruz Sarmiento  
Analista Responsable de Química  
CIP. 119544

LABORATORIO REGIONAL  
DEL AGUA

Cajamarca, 13 de Noviembre de 2018.

INFORME DE ENSAYO N° IE 1118638

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Metales Disueltos y Totales por ICP-OES (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Ce, Cd, Co, Cr, Fe, K, Li, Na, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Tl, U, V, Zn)	mg/L	EPA Method 200.7 Rev. 4.4, 1994. (Validado) 2014. Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry
Turbidez	NTU	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130. B. 23rd Ed. 2017. Turbidity. Nephelometric Method
Potencial de Hidrogeno (pH) a 25°C	pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B. 23rd Ed. 2017. pH Value: Electrometric Method.
Aceites y Grasas	mg/L	EPA Method 1664 Rev. B. 2010: n-Hexane Extractable Material (HEM); Oil and Grease and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry.
Color Verdadero	UC	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C. 23rd Ed. 2017: Color. Spectrophotometric Single Wavelength Method (Proposed)
Coliformes Totales	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C. 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E. 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.
Escherichia coli	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E,G. 23rd Ed. 2017: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Other Escherichia coli Procedures.

OBSERVACIONES

LCM: Límite de cuantificación del métodos, VE: Valor Estimado

Los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.

Los Resultados Microbiológicos <1.0, 1.1, <1.0; significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecia crecimiento bacteriano en la muestra.

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA, NA: No aplica ND: No determinado

(\*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.

Código del Formato: RT1-5.10-01 Rev.N°05 Fecha : 06/06/2017

NOTAS FINALES

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025.
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.



Cajamarca, 13 de Noviembre de 2018.

LABORATORIO REGIONAL  
DEL AGUA

**ANEXO n.º 5.** Resultados de ensayos fisicoquímicos y microbiológicos M-3.

## INFORME DE ENSAYO N° IE 1118661B

### DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Razon Social/Usuario **ROSMEL ELI DIAZ DIAZ**  
Dirección **Jr. Garcilaso de la Vega N° 132 - Cajamarca**  
Persona de contacto **-** Correo electrónico **[diazrosmel@hotmail.com](mailto:diazrosmel@hotmail.com)**

### DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **12.11.18** Hora: **15:40**  
Tipo de Muestreo **Puntual**  
Número de Muestras **01** N° Frascos x muestra **04**  
Ensayos solicitados **Fisicoquímicos y Microbiológicos**  
Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**  
Responsable de la toma de muestra **Las muestras fueron tomadas por el personal usuario**  
Procedencia de la Muestra: **PLAN TUAL - CAJAMARCA**

### DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC - 773** Cadena de Custodia **CC - 661 - 18**  
N° Orden de Trabajo **1118661**  
Fecha y Hora de Recepción **12.11.18 17:13** Inicio de Ensayo **12.11.18 17:30**  
Reporte Resultado **19.11.18 08:30**



Rigo Erver Zulueta Santa Cruz  
Responsable Técnico (e)  
CBI: 9778

Cajamarca, 19 de Noviembre de 2018.

INFORME DE ENSAYO N° IE 1118661B

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código Cliente			M3-Semana 3	-	-	-	-	-
Código Laboratorio			1118661-02	-	-	-	-	-
Matriz de Agua			USO Y CONSUMO	-	-	-	-	-
Descripción			Bebida	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra			N:9214486 E: 770281	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Plata (Ag)	mg/L	0.017	<LCM	-	-	-	-	-
Aluminio (Al)	mg/L	0.022	0.493	-	-	-	-	-
Arsénico (As)	mg/L	0.003	<LCM	-	-	-	-	-
Boro (B)	mg/L	0.021	<LCM	-	-	-	-	-
Bario (Ba)	mg/L	0.002	0.088	-	-	-	-	-
Berilio (Be)	mg/L	0.002	<LCM	-	-	-	-	-
Bismuto (Bi)	mg/L	0.016	<LCM	-	-	-	-	-
Calcio (Ca)	mg/L	0.070	33.570	-	-	-	-	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	<LCM	-	-	-	-	-
Cobalto (Co)	mg/L	0.002	<LCM	-	-	-	-	-
Cromo (Cr)	mg/L	0.002	<LCM	-	-	-	-	-
Cobre (Cu)	mg/L	0.014	<LCM	-	-	-	-	-
Hierro (Fe)	mg/L	0.019	0.643	-	-	-	-	-
Potasio (K)	mg/L	0.049	13.600	-	-	-	-	-
Litio (Li)	mg/L	0.004	<LCM	-	-	-	-	-
Magnesio (Mg)	mg/L	0.017	4.239	-	-	-	-	-
Manganeso (Mn)	mg/L	0.002	0.036	-	-	-	-	-
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.002	<LCM	-	-	-	-	-
Sodio (Na)	mg/L	0.018	21.040	-	-	-	-	-
Niquel (Ni)	mg/L	0.002	0.004	-	-	-	-	-
Fósforo (P)	mg/L	0.020	0.091	-	-	-	-	-
Plomo (Pb)	mg/L	0.003	<LCM	-	-	-	-	-
Azufre (S)	mg/L	0.085	5.902	-	-	-	-	-
Antimonio (Sb)	mg/L	0.005	<LCM	-	-	-	-	-
Selenio (Se)	mg/L	0.017	<LCM	-	-	-	-	-
Silicio (Si)	mg/L	0.085	14.160	-	-	-	-	-
Estroncio (Sr)	mg/L	0.002	0.241	-	-	-	-	-
Titanio (Ti)	mg/L	0.004	<LCM	-	-	-	-	-
Talio (Tl)	mg/L	0.003	<LCM	-	-	-	-	-
Uranio (U)	mg/L	0.004	<LCM	-	-	-	-	-
Vanadio (V)	mg/L	0.003	0.004	-	-	-	-	-
Zinc (Zn)	mg/L	0.016	<LCM	-	-	-	-	-



Cajamarca, 19 de Noviembre de 2018.

INFORME DE ENSAYO N° IE 1118661B

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS				
Código Cliente	M3-Semana 3		-	-	-	-	-
Código Laboratorio	1118661-02		-	-	-	-	-
Matriz de Agua	USO Y CONSUMO		-	-	-	-	-
Descripción	Bebida		-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	N:8214486 E: 770281		-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados				
Turbidez	NTU	0.09	11.1	-	-	-	-
pH a 25°C	pH	NA	7.6	-	-	-	-
(*) Aceites y Grasas	mg/L	2.5	<LCM	-	-	-	-
(*) Color Verdadero	UC	4.0	5.7	-	-	-	-
Coliformes Totales	NMP/100mL	1.1	<1.1	-	-	-	-
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.1	<1.1	-	-	-	-
Escherichia coli	NMP/100mL	1.1	<1.1	-	-	-	-
Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados					
Metales Disueltos y Totales por ICP-OES (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Ce, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, K, Li, Na, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, Tl, U, V, Zn)	mg/L	EPA Method 200.7 Rev. 4.4, 1994. (Validado) 2014. Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry					
Turbidez	NTU	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 2130. B. 23rd Ed. 2017. Turbidity. Nephelometric Method					
Potencial de Hidrogeno (pH) a 25°C	pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 4500-H+ B. 23rd Ed. 2017. pH Value. Electrometric Method.					
Aceites y Grasas	mg/L	EPA Method 1664 Rev. 8. 2010. n-Hexane Extractable Material (HEM), Oil and Grease and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM, Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry.					
Color Verdadero	UC	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C, 23rd Ed. 2017. Color. Spectrophotometric Single Wavelength Method (Proposed)					
Coliformes Totales	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C. 23rd Ed. 2017. Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E. 23rd Ed. 2017. Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.					
Escherichia coli	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E,G. 23rd Ed. 2017. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Other Escherichia coli Procedures.					

OBSERVACIONES

LCM: Límite de cuantificación del métodos, VE: Valor Estimado

Los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del análisis es menor al LCM del Laboratorio establecido.

Los Resultados Microbiológicos <1.1, 1.1, <1.0; significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecia crecimiento bacteriano en la muestra.

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica ND: No determinado

(\*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.

Código del Formato: RT1-5.10-01 Rev. N°05 Fecha: 06/06/2017

NOTAS FINALES

- ✓ Los resultados indicados en este informe conciernen única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

  
Ing. Qc. Mariano de la Cruz Sarmiento  
Analista Responsable de Química  
CIP: 119544

Cajamarca, 19 de Noviembre de 2018.

3 de 3

**ANEXO n.º 6. Panel fotográfico.**



**Figura 34.** Sistema de tratamiento convencional para agua de consumo humano.



**Figura 35.** Instalación del filtro de carbón activado.



*Figura 36.* Instalación del tanque de almacenamiento.



*Figura 37.* Graduación del tubo visor del tanque dosador.



*Figura 38.* Cloración por goteo con flotador.



*Figura 399.* Inspección de campo por el asesor en la instalación del sistema de tratamiento convencional.



*Figura 40.* Ensayo de DPD del agua filtrada y clorada en el tanque de almacenamiento.



*Figura 41.* Muestra M-1 para ensayos fisicoquímicos y microbiológicos.



**Figura 42.** Inspección de campo por el asesor en la muestra M-2 para ensayos fisicoquímicos y microbiológicos.



**Figura 43.** Muestra M-3 para ensayos fisicoquímicos y microbiológicos.

**ANEXO n.º 7.** Plano de ubicación del filtro de carbón activado y cloración por goteo.

