



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Propuesta de un sistema de tratamiento utilizando filtros para mejorar
la calidad del agua en el C. P. M. Mamape – Ferreñafe

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Chumán Perales, César Junior Leveo (ORCID: 0000-0003-3981-6472)

Romero Velasquez de Chicana, Sheily Pahola (ORCID: 0000-0003-2448-9229)

ASESOR:

Dr. Ponce Ayala, José Elías (ORCID: 0000-0002-0190-3143)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y gestión de los recursos naturales

CHICLAYO – PERÚ

2021

Dedicatoria

A Dios SU, por darme la fortaleza, sabiduría y Fé para superar los obstáculos, por su infinito amor, porque sé que al ir de su mano todo me irá bien.

A mi esposo Juan Andrés Chicana Dávalos, por su amor, confianza, apoyo incondicional y por alentarme a luchar por mis sueños.

A mi hijo Dylam, por ser el principal motivo que me impulsa a salir adelante.

A mis padres Victoria y Salvador, a mis hermanos Clinton y Katty, por su gran amor y apoyo.

Sheily Pahola

A Dios, quien todo el tiempo nos protege y da fortaleza para cumplir nuestro propósito en la vida.

A mis padres Vilma y César las personas más importantes de mi vida, que con su sacrificio, entusiasmo y amor han constituido en mi los pilares fundamentales para mi formación y así alcanzar cada una de mis metas.

A mis hermanos Alex y Arón por poner mi carrera profesional sobre todo.

A mi tío Elmer Valentín por haberme alentado a estudiar la carrera de Ingeniería Ambiental.

César Junior Leveo

Agradecimiento

Al ingeniero García Paico Marcos, por compartir con nosotros sus conocimientos como profesional.

Al ingeniero Perales Pacherras Willian, por el apoyo desinteresado brindado en el desarrollo de la presente investigación.

A nuestro asesor el Dr. Ponce Ayala José Elías, por guiarnos en el desarrollo de las diferentes etapas del presente estudio.

A la Universidad César Vallejo, por acogernos y por brindarnos los conocimientos necesarios para formarnos como Ingenieros Ambientales.

Sheily Pahola y César Junior Leveo

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	13
3.1. Tipo y diseño de investigación	13
3.2. Variables y operacionalización	13
3.3. Población, muestra y muestreo	15
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	15
3.5. Procedimientos	16
3.6. Método de análisis de datos	19
3.7. Aspectos éticos	19
IV. RESULTADOS	20
V. DISCUSIÓN	37
VI. CONCLUSIONES	41
VII. RECOMENDACIONES	42
REFERENCIAS	43
ANEXOS	55

Índice de tablas

Tabla 01. <i>Límites máximos permisibles de parámetros fisicoquímicos</i>	6
Tabla 02. <i>Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos</i>	7
Tabla 03. <i>Principales causas del mal sabor del agua</i>	9
Tabla 04. <i>Niveles típicos de STD de diferentes fuentes de agua</i>	10
Tabla 05. <i>Clasificación del agua según la base o dureza</i>	11
Tabla 06. <i>Operacionalización de variables</i>	14
Tabla 07. <i>Resultados de parámetros fisicoquímicos</i>	20
Tabla 08. <i>Resultados de parámetros microbiológicos</i>	21
Tabla 09. <i>Medios filtrantes del sistema de tratamiento de agua</i>	29
Tabla 10. <i>Costo de un filtro multimedia de 13" x 54"</i>	32
Tabla 11. <i>Costo de un filtro de carbón activo de 13" x 54"</i>	32
Tabla 12. <i>Costo de un ablandador de agua de 13" x 54"</i>	33
Tabla 13. <i>Costo de un filtro pulidor de 4.5" x 20"</i>	33
Tabla 14. <i>Costo de una lámpara UV</i>	34
Tabla 15. <i>Costo de los accesorios necesarios para la instalación</i>	34
Tabla 16. <i>Costo total de la instalación del STA propuesto</i>	35

Índice de figuras

<i>Figura 01.</i> Diagrama de flujo del procedimiento metodológico.....	18
<i>Figura 02.</i> Resultados de los parámetros fisicoquímicos	21
<i>Figura 03.</i> Electrobomba	22
<i>Figura 04.</i> Filtro multimedia.....	23
<i>Figura 05.</i> Filtro de carbón activo	24
<i>Figura 06.</i> Ablandador.....	25
<i>Figura 07.</i> Filtro pulidor	26
<i>Figura 08.</i> Lámpara UV	27
<i>Figura 09.</i> Sistema de tratamiento de agua	28
<i>Figura 10.</i> Diagrama de flujo del sistema de tratamiento de agua	30
<i>Figura 11.</i> Representación de la instalación del STA.....	31

Resumen

El presente estudio se realizó en el centro poblado menor Mamape, con el objetivo de evaluar la calidad del agua subterránea y con esa información proponer un sistema de tratamiento de agua conformado por una electrobomba, filtros multimedia, carbón activo, ablandador, pulidor de 1 μ y una lámpara UV, que tendrán la finalidad de mejorar la calidad sanitaria del agua.

La investigación fue de tipo básica. La población estuvo conformada por la cantidad total de agua del pozo del C. P. M. Mamape, para el análisis del agua se recolectaron dos muestras de un litro cada una tomadas directamente del pozo, evaluándose veinte parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

Obteniéndose como resultado que los parámetros turbidez, CE, STD, cloruros, sulfatos, dureza, Al, Cu, Zn y Na tienen niveles elevados; sin embargo estos no superan los valores de referencia establecidos en el reglamento de la calidad del agua para consumo humano: D. S. 031 – 2010 – SA, ya que la norma no se actualiza hace diez años.

Por lo expuesto anteriormente se concluye que el agua no es apta para consumo humano en el C. P. M. Mamape, considerándose necesaria la instalación de un STA para mejorar la calidad de vida de los habitantes.

Palabras clave: Calidad del agua, sistema de tratamiento de agua, agua subterránea, parámetros fisicoquímicos y parámetros microbiológicos.

Abstract

The present research was carried out in Mamape small town, with the aim of evaluating the quality of the groundwater, and with this information so as to propose a water treatment system made up of an electric pump, multimedia filters, activated carbon, softener, 1 μ polisher and a UV lamp, which will have the purpose of improving the sanitary quality of the water.

The research was of a basic type. The population consisted of the total amount of water from the well of Mamape small town. For the water analysis, two samples of one liter each were collected directly from the well, evaluating twenty physicochemical and microbiological parameters.

Obtaining as a result that the turbidity parameters, CE, STD, chlorides, sulfates, hardness, Al, Cu, Zn and Na have high levels; however, they do not exceed the reference values established in the regulation of quality of water for human consumption: D. S. 031 – 2010 – SA, since the standard has not been updated for ten years.

Based on the foregoing, it is concluded that the water is not suitable for human consumption in Mamape, considering it is necessary to install an STA to improve the quality of life of the inhabitants.

Keywords: Water quality, water treatment system, groundwater, physicochemical parameters and microbiological parameters.

I. INTRODUCCIÓN

Durante el último siglo el uso de agua potable se ha elevado a consecuencia del aumento poblacional; casi novecientos millones de habitantes en el planeta experimentan escasez de agua potable en la actualidad (González, 2015, p. 12). Así mismo existen grupos rurales en el mundo, que no cuentan con los medios económicos para poner en marcha un sistema de tratamiento de agua (J. Lugo y E. Lugo, 2018, p. 1).

El agua posee una serie de características, elementos y propiedades que es de suma importancia conocer para identificar su naturaleza y cuáles son los problemas que se pueden presentar en su tratamiento. De esa manera podemos afirmar que la particularidad del agua potable a obtener depende de la eficiencia del sistema del tratamiento utilizado.

El Perú goza de fuentes naturales de agua superficial y subterránea, y la cantidad aprovechable es significativa, uno de los más grandes problemas del país en la actualidad es el acceso al agua potable, ya sea por poblaciones alejadas que por motivos geográficos, económicos y sociales no cuentan con este recurso; como consecuencia su condición de vida se ve debilitada. La calidad del agua potable en el Perú está coligada a la calidad del agua de origen y al inconveniente técnico – económico de las organizaciones de saneamiento, de cumplir con el proceso de tratamiento (Villena, 2018, p. 307).

En el Perú, el ingreso al servicio de agua potable dispone de una línea de baja entrada a nivel rural. Las JASS administran la actividad de agua y desagüe en el entorno rural (Cairampoma y Villegas, 2016, p. 247).

En la región Lambayeque la mayoría de centros poblados menores no cuentan con un sistema de tratamiento para potabilizar el agua; básicamente cuentan con un único proceso de desinfección usando hipoclorito de sodio. En la región Lambayeque hace diez años se viene realizando mantenimiento e instalación de plantas de tratamiento de agua, teniendo como base la filtración, tecnología indispensable para la mejora de calidad del agua convirtiéndola en apta para su gasto en función del D. S. 031 – 2010 – SA.

En la provincia de Ferreñafe el abastecimiento de agua es a partir de causas subterráneas; el problema radica en que los distritos y centros pobladores menores no cuentan con un sistema de tratamiento adecuado; por esto surgió la necesidad de identificar ¿cuál es la opción tecnológica para proponer un sistema de tratamiento, que permita la mejora de calidad del agua en el C. P. M. de Mamape?

La reciente búsqueda sugirió el montaje de un sistema de tratamiento adecuado para mejorar la calidad del agua en el C. P. M. Mamape, mediante el uso de un sistema de filtros conformado por un filtro multimedia, filtro de carbón activo, ablandador, filtro pulidor y lámpara UV; buscando de esta manera cumplir con la normatividad específica y eliminar todo elemento fisicoquímico y microbiológico con el potencial peligro de causar daños a la salud de los moradores de esa extensión.

Mediante esta investigación se brindó un beneficio ambiental al proponer la puesta en marcha de un sistema de tratamiento que tiene el propósito de mejorar la calidad sanitaria del agua; así mismo se brindó un beneficio económico a los pobladores del C. P. M. Mamape, proponiéndose el montaje de un sistema de tratamiento a precios accesibles en el mercado, con una vida útil garantizada de 20 años y por último, pero no menos importante se brindó un beneficio social para los pobladores del C. P. M. Mamape al determinarse parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

La importancia del presente trabajo radicó en especificar la lista de componentes hidráulicos y equipos electromecánicos necesarios para purificar el agua, estos cuentan con una vida útil garantizada de 20 años, la misma que puede extenderse realizándose un mantenimiento periódico.

Como objetivo general de la presente investigación se consideró proponer un sistema de tratamiento óptimo para potabilizar el agua en el C. P. M. Mamape – Ferreñafe. Para lo cual se realizó las siguientes acciones:

Determinar parámetros fisicoquímicos y microbiológicos actuales en el agua de consumo humano del C. P. M. Mamape – Ferreñafe, determinar la dotación actual de agua para la población del área en estudio, diseñar los filtros que forman parte del sistema de tratamiento de agua propuesto en el C. P. M. Mamape, presupuestar el costo de los filtros purificadores de agua y los accesorios necesarios para la

instalación y proponer un proceso de funcionamiento y mantenimiento que pueda ser llevado a cabo por los habitantes del C. P. M. Mamape.

La hipótesis de estudio fue: Si se determinan los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua subterránea del C. P. M. Mamape – Ferreñafe, se podrá determinar si es necesaria la instalación de un sistema de tratamiento de agua.

II. MARCO TEÓRICO

Para los antecedentes de la presente investigación hemos alineado las investigaciones que están vinculadas con las variables sistema de tratamiento y calidad del agua, las cuales se presentan a continuación.

Yang *et al.* (2020), proponen en su investigación el diseño de un filtro multimedia utilizando componentes filtrantes como: tapete microbiano, arena fina, partículas de hierro, grava fina y gruesa; como resultado se logró eliminar microorganismos y contaminantes químicos, demostrando ser una alternativa tecnológica para purificar el agua en comunidades de escasos recursos.

Así mismo Agrawal, N. Sharma y P. Sharma (2020), proponen en su investigación diseñar e instalar un filtro de arena para purificar agua a nivel domiciliario, los parámetros analizados después de la filtración fueron pH, STD, turbidez y conductividad; como resultado se logró obtener una agua aprovechable para el gasto humano, dentro de los parámetros de calidad fijados por la reglamentación India.

De igual forma Sharjeel, Anwar, Nasir y Rashid (2019), proponen en su investigación diseñar un ablandador para eliminar la dureza del agua a nivel doméstico; como resultado se obtuvo agua descalcificada dentro de los indicadores definidos por la OMS.

Del mismo modo J. Rodríguez, Ortiz, E. Rodríguez y Santos (2018), proponen en su investigación el diseño de un filtro ecológico, con el intento de aclarar y depurar el agua de comunidades rurales sin usar químicos.

De igual manera Torres, C. García, J. García, M. García y Pacheco (2017), proponen en su investigación la instalación de un purificador de agua. El arquetipo constó de componentes filtrantes de diferente granulometría como: alumbre, arena, piedra pómez, carbón activo y gravilla; como resultado se obtuvo una disminución de microorganismos del 99,9 %, turbidez del 98 % y color del 83 %.

Al igual que Córdoba, Acosta, Pacheco y Ramírez (2016), recopilan información sobre el uso de filtros como estrategia de potabilización del agua; con la finalidad

de mitigar los problemas que se relacionan al uso de agua que no cumple con las características fisicoquímicas y microbiológicas establecidas por una norma.

Análogamente O. Mayorga y J. Mayorga (2016), proponen en su investigación un sistema de tratamiento de agua utilizando un filtro de arena, seguido por desinfección con cloro; a fin de eliminar la presencia de microorganismos que arriesguen la salud humana.

Igualmente Moreira (2016), en su investigación describe la importancia del uso de los descalsificadores de agua, su operatividad, desarrollo y utilidad. Se dedujo que el ablandamiento del agua es una secuencia importante para disminuir la dureza del agua a nivel domiciliario e industrial.

De modo que Pérez, Díaz, Salamanca y Rojas (2015), en su investigación evaluaron la eficiencia de los filtros multimedia y filtro de olla cerámica; como resultado ambos mostraron reducir significativamente la turbiedad en un 98 % y la eliminación de *Escherichia coli* en un 100 %.

De forma semejante Huamán, Depaz, Araujo y Flores (2019), proponen en su investigación un sistema de tratamiento conformado por un pre filtro y un filtro multimedia; como resultado se obtuvo una eficiencia del 80 a 90 % en la reducción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

Por otro lado Silupú *et al.* (2017), proponen en su investigación utilizar un filtro de carbón activo para purificar el agua, reteniendo metales pesados y microorganismos; como resultado se obtuvo una captura de partículas contaminantes cercana al 100 %, mejorando las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua.

Mientras tanto García y Gonzáles (2018), proponen en su investigación la selección de equipo para mejorar el tratamiento de agua potable en el C. P. Pueblo Nuevo del distrito de Mochumí, Lambayeque, con el fin de disminuir la propagación de enfermedades gastrointestinales originadas por el consumo de agua no tratada.

Existe evidencia de que la civilización egipcia purificó el agua de consumo humano utilizando como tratamiento la filtración en el año 100 a. c.; dando inicio a la teoría de la filtración del agua, tiempo después en el año 1829 en Londres la empresa The Chelsea Water Work Corporation construyó la primera planta de tratamiento de

agua utilizando filtros lentos de arena, demostrando que la filtración es una tecnología eficiente para potabilizar el agua (Walter y Weber, 2021, p. 145).

El agua subterránea puede ser localizada a cierta profundidad en lugares de la superficie terrestre (Boyd, 2019, p. 54).

Agua cruda, es aquella en su estado de origen (subterránea o superficial), obtenida para suministro y no adquirió un proceso de tratamiento (Sinal, 2017, párr. 2).

La calidad del agua, es una palabra empleada para especificar las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua, varía de un lugar a otro y de un momento a otro (Boyd, 2019, p. 54).

Según el Minsa (2010), la singularidad del agua potable apta para los seres humanos tiene que mantener estos parámetros:

Tabla 01. *Límites máximos permisibles de parámetros fisicoquímicos*

Parámetros	Unidad de medida	LMP
01. Olor	---	aceptable
02. Sabor	---	aceptable
03. Color	UCV escala Pt/Co	15
04. Turbidez	UNT	5
05. pH	Valor de pH	6,5 – 8,5
06. Conductividad	(μ S/cm)	1500
07. Sólidos totales disueltos	mg/L	1000
08. Cloruros	mg/L	250
09. Sulfatos	mg/L	250
10. Dureza total	mg/L	500
11. Amoníaco	mg/L	1,5
12. Hierro	mg/L	0,3
13. Manganeso	mg/L	0,4
14. Aluminio	mg/L	0,2
15. Cobre	mg/L	2
16. Zinc	mg/L	3
17. Sodio	mg/L	200

Fuente: Ministerio de salud (2011)

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

Tabla 02. Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos

Parámetros	Unidad de medida	LMP
1. Bacterias Coliformes Totales	UFC/100 mL a 35 °C	0 (*)
2. <i>Escherichia coli</i>	UFC/100 mL a 45,5 °C	0 (*)
3. Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales	UFC/100 mL a 45,5 °C	0 (*)

Fuente: Ministerio de salud (2011)

UFC = Unidad formadora de colonias

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

La purificación del agua, es el grupo de tratamientos que se aplica en el agua cruda, para cambiar sus propiedades fisicoquímicas y microbiológicas con el fin de hacerla aprovechable para la humanidad (Generalidades de la Potabilización, 2015, párr. 2).

El agua potable, es la que mantiene la particularidad fisicoquímica y microbiológica indicada por una norma, y puede ser bebida sin ningún tipo de limitación (Rivera, 2018, p. 290).

Un sistema de tratamiento, es el grupo de elementos hidráulicos y equipos electromecánicos que realizan procesos fisicoquímicos y microbiológicos, purificando el agua y convirtiéndola en ideal para el consumo humano (Minsa, 2011, p. 11).

La filtración, consiste en la convección de una corriente de agua a través de un medio poroso, con la intención de retener las partículas suspendidas dentro del medio (Hendricks, 2018, p. 4).

Se realiza utilizando arena, arcilla, rocas u otros como recurso filtrante por el cual pasa el agua cruda, por lo que las partículas disueltas en agua y otros contaminantes se filtran (Ahmad, 2018, p. 111).

El filtro multimedia, permite el movimiento del agua a través de un lecho de partículas de tamaño decreciente, está diseñado para atrapar las partículas que se encuentran en la fuente de agua. Suele ser el primer filtro por el que pasa el agua

de origen. Es capaz de eliminar partículas de hasta 30 micrones de diámetro (Nissenson y Fine, 2016, p. 126).

Los residuos de mayor tamaño quedan sujetos en las capas iniciales de antracita, gravas de cuarzo y las partículas más pequeñas quedan atrapadas en las capas más finas de garnet y arenas de cuarzo.

El filtro de carbón activo, es una especie de filtro de presión, lleno de carbón activado de calidad interna y gravas de cuarzo como capa filtrante. Cumple la función de atraer, capturar y romper moléculas contaminantes (Zhou, 2015, p. 271).

Es capaz de eliminar partículas de hasta 20 micrones de diámetro. Puede eliminar eficazmente los sólidos en suspensión en el agua, y tiene efectos significativos en la eliminación de coloides, hierro, orgánicos, herbicidas, plaguicidas, manganeso, bacterias, virus y otros contaminantes en el agua.

El ablandador, es un equipo que elimina principalmente los iones de calcio y magnesio (sales minerales) (Bouwman, Fenton y Brun, 2015, p. 621).

El principio de un ablandador de agua es el intercambio de iones de base, mediante resinas sintéticas. La resina sintética, tiene grupos funcionales cargados negativamente con sodio como contraión. Los átomos de Ca y Mg del agua cambian por los átomos de Na de la resina. Por tanto, se les denomina intercambiadores de catión por los grados de dureza.

Los filtros de micro filtración, generalmente son de 5 y 1 micra y se colocan en el orden del sentido de la filtración, y su función básica es detener las impurezas pequeñas (sólidos), se les conoce comúnmente como filtros pulidores y son fabricados en polipropileno.

Como resultado se obtiene agua brillante y cristalina, además pueden separar arena, hierro, residuos y trazas de cloro; existen varios tipos, siendo el más comercial:

El filtro plisado compacto, es aquel que tiene la función de pulir el agua, aceptando cantidad limitada de contaminantes.

La lámpara UV, es un equipo que emite luz monocromática y policromática que se encarga de eliminar la presencia de todo tipo de microorganismo (Hinds, O' Donnell, Akhter y Tiwari, 2019, p. 2).

Los componentes de interés en el agua se han categorizado en términos generales como fisicoquímicos y microbiológicos.

Los parámetros organolépticos, son los indicadores fisicoquímicos y microbiológicos, su aparición en el agua puede ser distinguida por el consumidor a través de sus sentidos (Minsa, 2011, p. 10).

El olor, es una característica estética del agua; sin embargo, un cambio repentino puede indicar una presencia de contaminantes orgánicos e inorgánicos en el agua (S. Gupta e I. Gupta, 2020, p. 68).

Con respecto al sabor, la presencia de solutos ofensivos naturales puede dar al agua un sabor característico (S. Gupta e I. Gupta, 2020, p. 72).

Tabla 03. Principales causas del mal sabor del agua

Tipo de sabor	Causa principal
Salado - salobre	Alto contenido de sodio.
Sabor alcalino	Alta dureza, sólidos totales disueltos, alta alcalinidad.
Sabor metálico	pH bajo, alto contenido de metales, agua corrosiva. Un sabor metálico puede ser causado por sustancias químicas inorgánicas como el hierro (en niveles superiores a 0,004 mg/L), manganeso (> 0,1 mg/L), cobre (2 - 5 mg/L) y zinc (4 - 9 mg/L), además, de bacterias.
Sabor aceitoso, a pescado o perfumado	Presencia de tensioactivos.

Fuente: S. Gupta e I. Gupta (2020)

En general, el término "color" se refiere a la coloración natural que ocurre en las aguas y no al color inducido que puede resultar de los desechos. El color natural refleja la presencia de moléculas orgánicas complejas, derivadas de materia vegetal (húmica), aunque también puede surgir de la presencia de hierro coloidal y manganeso (S. Gupta e I. Gupta, 2020, p. 63).

La turbiedad, es el grado de opacidad del agua ocasionado por la presencia de sólidos en suspensión (Gualdrón, 2016, p. 88).

El pH, es un indicador de calidad; un valor menor a 7 indica acidez, igual a 7 es neutro y mayor a 7 indica basicidad o alcalinidad (Laghari *et al.*, 2018, p. 2617).

La conductividad eléctrica (CE), está vinculada con la manifestación de las sales minerales (dureza), cuya separación origina átomos capaces de conducir la corriente eléctrica (Solís, Zúñiga y Mora, 2018, p. 36).

Los sólidos totales disueltos (STD), representan una suma total de concentraciones iónicas de cationes y aniones. Se mide en unidades de ppm o mg/L (Al Dahaan, Al Ansari y Knutsson, 2016, p. 824).

Los cloruros, son indicadores de la salinidad del agua forman parte de los STD, normalmente estos iones se encuentran en pequeñas concentraciones en aguas subterráneas (Lazo y Solís, 2019, p. 84).

Los sulfatos, son iones con carga negativa presentes en el agua natural, en demasía causan variación del gusto y efectos laxativos (Torres, Mora, Knappett, Ornelas y Mahlknecht, 2020, p. 2).

La salinidad del agua generalmente se clasifica en relación a la agrupación de sólidos disueltos totales (Cohen, Semiat y Rahardianto, 2017, p. 1775).

Tabla 04. Niveles típicos de STD de diferentes fuentes de agua

Tipo	STD (mg/L)
Agua potable	≤ 500
Agua dulce	< 1000
Agua ligeramente salobre	1000 - 5000
Agua moderadamente salobre	5000 - 15000
Agua muy salobre	15000 - 35000
Agua de mar	≥ 35000

Fuente: Cohen *et al.* (2017)

La dureza, se origina debido a la presencia de sales minerales diluidas en el agua, el Ca y el Mg son más frecuentes. Se informa como una cantidad equivalente de carbonato de calcio mg/L CaCO₃ (S. Gupta e I. Gupta, 2020, p.65).

Tabla 05. Clasificación del agua según la base o dureza

Clasificación	Concentración (mg/L)
Suave	0 – 60 mg/L CaCO ₃
Moderadamente dura	61 – 120 mg/L CaCO ₃
Dura	121 – 180 mg/L CaCO ₃
Muy dura	> 180 mg/L CaCO ₃

Fuente: S. Gupta e I. Gupta (2020)

El amoníaco, es un gas incoloro de olor repulsivo y soluble en el agua, compuesto por N y átomos de H, ingresa al medio acuático a través de descargas de efluentes municipales y escurrientías agrícolas; es perjudicial para la salud cuando las concentraciones son altas (Kunning Lin, Zhu, Zhang y Hui Lin, 2019, p. 2).

El hierro, es un elemento que al estar en contacto con el aire se precipita, causando un color oscuro y turbidez en el agua, el beber agua con alto contenido de hierro causa degeneración y debilitamiento de huesos (Marzec *et al.* 2017, p. 198).

El manganeso, es un metal contaminante y se encuentra en exceso en el agua subterránea, al diluirse se oxida formando MnO₂, afecta directamente el color del agua, los niveles altos de Mn afectan al sistema nervioso y degeneran el funcionamiento del cerebro (Cheng, Xiong y Huang, 2020, p. 2).

El aluminio, es un elemento natural presente en el agua, la variación del pH promueve la movilización de los iones tóxicos, las concentraciones elevadas causan enfermedades óseas, síndrome de dawn, parkinson y alzheimer (Ospina y Cardona, 2020, p. 2).

El cobre, es un elemento traza que altera el color y sabor del agua, es soluble y se adhiere a partículas suspendidas; en concentraciones elevadas causa enfermedades gastrointestinales.

El Zinc, es un parámetro ambiental y se encuentra en el agua en forma de sales, es soluble a valores de pH neutros y ácidos (Malecki, Kadzikiewicz, Eckstein, Szostakiewicz y Gruszczynski, 2017, p. 2).

El sodio, es una sal altamente soluble y se añade a aguas subterráneas costeras por la infiltración del agua de lluvia procedente del mar; si su concentración es elevada el agua obtiene un gusto intolerable (Pino *et al.* 2019, p. 191).

Los parámetros microbiológicos, son los microbios señaladores de polución examinados en el agua de consumo humano; se pueden encontrar en aguas superficiales o cauces subterráneos (Minsa, 2011, p. 10).

Las bacterias coliformes totales, son señaladores microbiológicos de polución fecal en cuerpos de agua, se encuentran en las excretas de animales, en las descargas domésticas y aguas residuales; provocan enfermedades gastrointestinales e infecciones cutáneas dañando significativamente la salud humana (Hernández y Poot, 2018, p. 14).

Escherichia coli, indica la existencia de patógenos ligados a la contaminación fecal humana y animal; pueden ocasionar infecciones diarreicas, meningitis neonatal, septicemia e infecciones del tracto urinario (Offenbaume, Bertone y Stewart, 2020, p. 1).

Los coliformes termotolerantes o fecales, son microorganismos que soportan temperaturas de hasta 45 °C, son un riesgo potencial para la salud pública por contaminación fecal (Rodríguez, Asmundis, Ayala y Arzú, 2018, p. 10).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

La investigación básica, estuvo orientada a un intelecto más completo gracias al entendimiento del estado elemental de los fenómenos (CONCYTEC, 2018, p. 2).

El enfoque de la investigación fue cuantitativo, ya que se utilizó cálculos matemáticos.

Diseño de investigación

El diseño fue no experimental, se refirió a cuantificar variables en su ambiente y así evaluarlas (Hernández y Mendoza, 2018, p. 174).

Esta investigación fue transversal descriptiva, dado que se evaluó el estado de la variable dependiente en su ambiente natural, en un tiempo único (Hernández y Mendoza, 2018, p. 177).

3.2. Variables y operacionalización

Variable independiente: Sistema de tratamiento.

Variable dependiente: Calidad del agua.

Tabla 06. Operacionalización de variables

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
X - Variable independiente: Sistema de tratamiento	Un sistema de tratamiento, es el grupo de elementos hidráulicos y equipos electromecánicos que realizan procesos fisicoquímicos y microbiológicos, purificando el agua y convirtiéndola en ideal para el consumo humano (Minsa, 2011, p. 11).	Son equipos de última tecnología utilizados para potabilizar agua.	Filtro multimedia	30 µ	Ordinal
			Filtro de carbón activo	20 µ	
			Ablandador	10 µ	
			Filtro pulidor	1 µ	
			Lámpara UV	Luz ultravioleta	
Y - Variable dependiente: Calidad del agua	La calidad del agua es una palabra empleada para especificar las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua, varía de un lugar a otro y de un momento a otro (Boyd, 2019, p. 54).	Característica propia que tiene el agua para garantizar los posibles usos que le asignen.	Fisicoquímicos	Olor	Intervalo
				Sabor	
				Color	
				Turbiedad	
				pH	
			Conductividad		
			STD		
			Cloruros		
			Sulfatos		
			Dureza		
			Amoniaco		
			Hierro		
			Manganeso		
			Aluminio		
			Cobre		
Zinc					
Sodio					
Microbiológicos	Bacterias coliformes totales	Razón			
	<i>Escherichia coli</i>				
	Bacterias coliformes termotolerantes				

Fuente: Elaboración propia

3.3. Población, muestra y muestreo

Población: Cantidad total de agua subterránea de pozo del C. P. M. Mamape.

Criterios de inclusión: Agua en estado natural procedente del pozo del C. P. M. Mamape.

Criterios de exclusión: Agua que haya recibido algún tratamiento de purificación o potabilización en el C. P. M. Mamape.

Muestra: 2 litros de agua subterránea de pozo del C. P. M. Mamape.

Muestreo: El muestreo no probabilístico por conveniencia, nos facilitó seleccionar los componentes muestrales accesibles, próximos y necesarios para el desarrollo de la investigación (Otzen y Manterola, 2017, p. 230).

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

Observación

Se visitó el Centro Poblado Menor Mamape, con la finalidad de tomar la muestra de agua subterránea del pozo.

Análisis de agua para consumo humano

Se efectuó un examen de calidad del agua a nivel de laboratorio.

Análisis documental

Se realizó una revisión bibliográfica de revistas científicas, libros físicos y digitales para consolidar esta investigación.

Instrumentos

Guía de observación de campo

Se elaboró una guía de campo para georreferenciar el lugar exacto donde está ubicado el pozo del Centro Poblado Menor Mamape.

Equipos

Se utilizó equipos multiparámetro, espectrofotómetro y métodos analíticos para medir los parámetros de las muestras de agua subterránea en el laboratorio.

3.5. Procedimientos

La presente investigación se desarrolló en cuatro etapas las cuales detallamos a continuación:

Revisión de la información; se realizó una revisión bibliográfica de investigaciones de diferentes autores, se recopiló información del lugar de estudio y se sintetizó toda la información necesaria para la presente propuesta y evaluación del componente agua.

Trabajo de campo; este inició con la visita al Centro Poblado Menor Mamape con el fin de realizar un muestreo de agua subterránea necesaria para su posterior estudio en el laboratorio.

El equipo que realizó la toma de muestra de agua subterránea en el C. P. M.

– Mamape estuvo conformado por:

- Chumán Perales, César
- Romero Velásquez, Sheily

La toma de muestra se realizó siguiendo la guía de Gonzáles (2020), donde menciona las siguientes pautas:

Muestreo por bombeo; se realizó bombeando toda el agua que contuvo el pozo y a partir de allí se realizó la toma de muestra para que esta sea más representativa.

Una vez que se determinó el objetivo de muestreo, se estableció los parámetros a analizar, se alistó los recipientes, equipos, materiales y elementos de protección personal; se efectuó el siguiente procedimiento:

1. Se realizó una toma de muestra simple.
2. Se rotuló los recipientes donde se recolectó la muestra.

3. Se trasladó la muestra almacenada en un cooler, alcanzando una temperatura cercana a los 4 °C, con el fin de conservar sus propiedades de origen.
4. El traslado de la muestra duró 1 hora aproximadamente.

Se tomó una muestra de 2 litros de agua para analizar parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, para lo cual se utilizaron los siguientes materiales y elementos de protección personal:

Materiales: 02 recipientes estériles, 01 cooler y hielo.

Elementos de protección personal: Guardapolvo, mascarilla, protector facial y guantes quirúrgicos.

Análisis fisicoquímico y microbiológico; los parámetros analizados en el laboratorio fueron los siguientes: Olor, sabor, color, turbidez, pH, conductividad, STD, cloruros, sulfatos, dureza, amoniac, hierro, manganeso, aluminio, cobre, zinc, sodio, bacterias coliformes totales, *Escherichia coli* y bacterias coliformes termotolerantes o fecales.

Elaboración del informe final; se efectuó las siguientes acciones: análisis y procesamiento de la información, interpretación de los resultados y desarrollo de la propuesta hecha en la presente investigación.

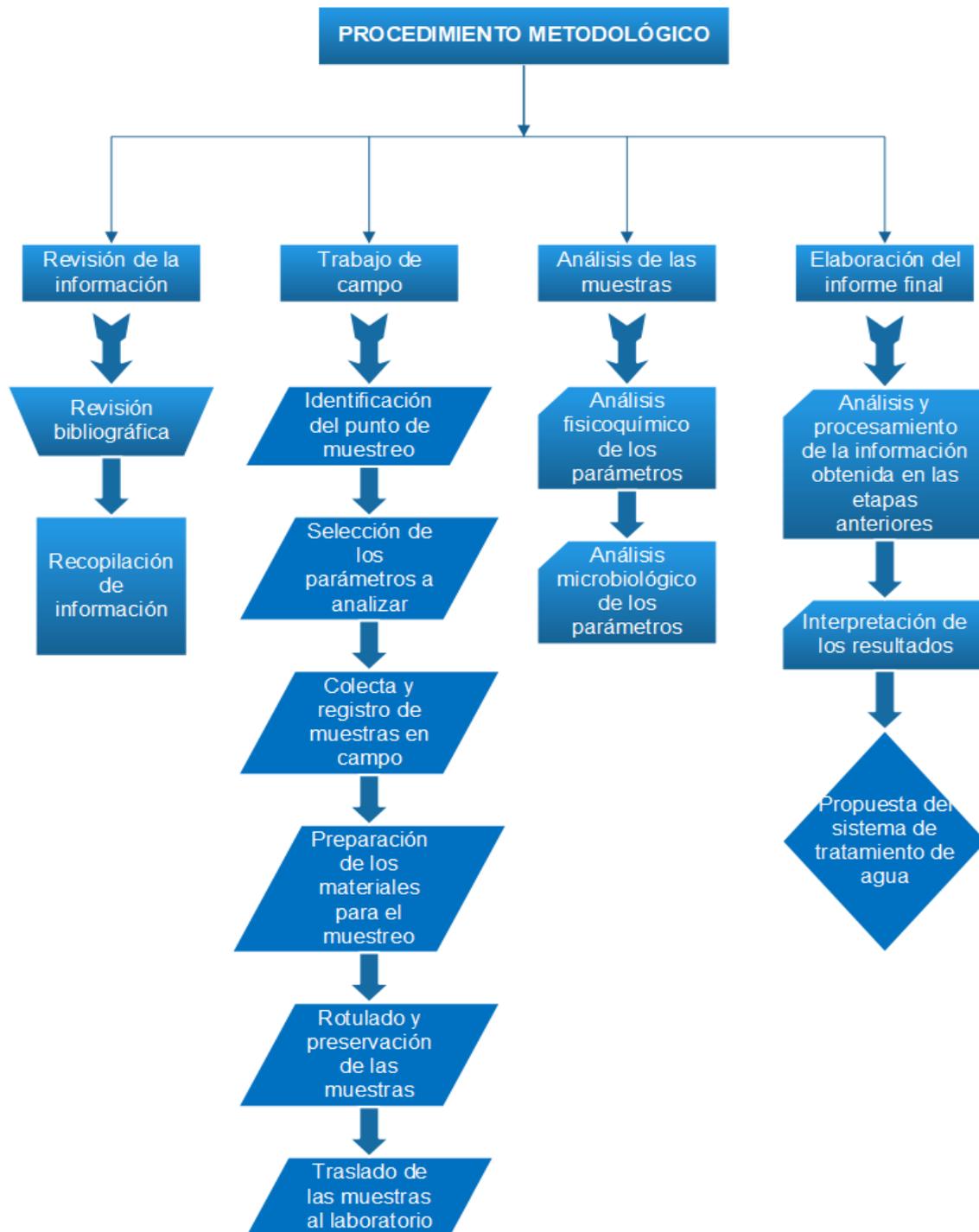


Figura 01. Diagrama de flujo del procedimiento metodológico

Fuente: Elaboración propia

En la figura 01 podemos observar el procedimiento metodológico que se empleó en el desarrollo de la presente investigación.

3.6. Método de análisis de datos

Se utilizó tablas y gráficos que fueron procesados por hojas de cálculo Excel, AutoCAD para el dibujo de los componentes hidráulicos y equipos electromecánicos y ArcGIS para elaborar un mapa de ubicación de la zona donde se desarrolló la investigación.

3.7. Aspectos éticos

Todo lo expuesto en esta investigación respeta los derechos de autor haciendo uso de citas textuales, se recabó información de distintos autores para decidir a qué contexto se asemeja más nuestra realidad.

Los resultados de esta investigación son verídicos, así mismo se realizó un muestreo con autenticidad siguiendo el protocolo indicado por la guía, buscando en todo momento que la información sea fidedigna.

IV. RESULTADOS

1.- Se determinó parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el agua de consumo humano del C. P. M. Mamape – Ferreñafe.

Tabla 07. *Resultados de parámetros fisicoquímicos*

Parámetros	Unidad de medida	Resultados
01. Olor	---	no tolerable
02. Sabor	---	no tolerable
03. Color	UCV escala Pt/Co	11
04. Turbidez	UNT	4.7
05. pH	Valor de pH	6.7
06.- Conductividad	(μ S/cm)	756
07. STD	mg/L	624
08. Cloruros	mg/L	244.92
09. Sulfatos	mg/L	98
10. Dureza total	mg/L	282
11. Amoniac	mg/L	0
12. Hierro	mg/L	0
13. Manganeso	mg/L	0
14. Aluminio	mg/L	0.1
15. Cobre	mg/L	1
16. Zinc	mg/L	0.1
17. Sodio	mg/L	95

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 07 se evidencian los resultados arrojados por el análisis de parámetros fisicoquímicos del agua cruda en el C. P. M. Mamape.

En cuanto a los parámetros (olor y sabor), usando la percepción sensorial se deduce que no son tolerables al olfato y al gusto del ser humano.

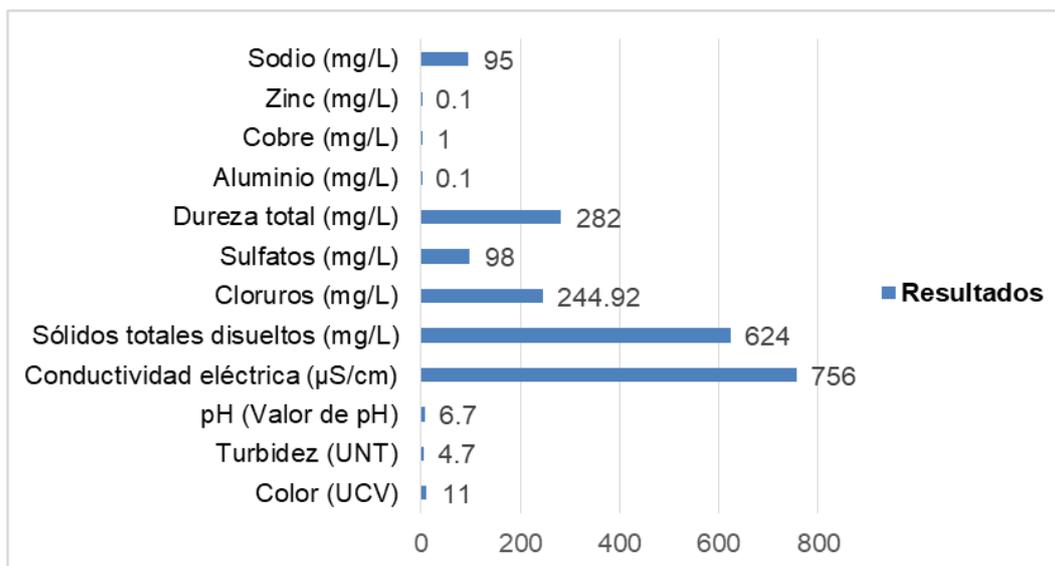


Figura 02. Resultados de los parámetros fisicoquímicos

Fuente: Elaboración propia

En el figura 02 se muestra los resultados de los parámetros fisicoquímicos, lo cual indica que el agua de consumo humano del C. P. M. Mamape tiene un pH ácido, niveles elevados de turbidez, CE, STD, cloruros, sulfatos, dureza, Al, Cu, Zn y Na, considerándose necesaria la instalación de un sistema de tratamiento de agua para mejorar la calidad de vida de los habitantes del C. P. M. Mamape.

Tabla 08. Resultados de parámetros microbiológicos

Parámetros	Unidad de medida	Resultados
1. Bacterias Coliformes Totales	UFC/100 mL a 35 °C	0
2. <i>Escherichia coli</i>	UFC/100 mL a 45,5 °C	0
3. Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales	UFC/100 mL a 45,5 °C	0

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 08 se muestran los resultados arrojados por el análisis de parámetros microbiológicos, lo cual señala que no hay presencia de microorganismos patógenos en el agua de consumo humano del C. P. M. Mamape.

2.- Se determinó la dotación de agua para los habitantes del C. P. M. Mamape.

La norma IS. 010 (MVCS 2006), establece que la dotación de agua para viviendas estará de acuerdo con el número de habitantes, a razón de 150 litros por habitante al día.

$$150 * 152 = 22\ 800 \text{ Lts/día}$$

El C. P. M. Mamape cuenta con 152 habitantes aproximadamente, por lo cual el sistema de tratamiento de agua tendrá que estar encendido 12 horas al día, para producir 22 800 Lts de agua para abastecer a su población.

3.- Con la información anterior se procedió a diseñar los filtros que forman parte del sistema propuesto para el tratamiento del agua en el C. P. M. Mamape.



Figura 03. Electrobomba

Fuente: Pedrollo (2021)

En la figura 03 se visualiza una electrobomba modelo CPM 620 centrífuga de potencia de 1 hp, para caudales menores o iguales a 160 litros por minuto y altura manométrica de hasta 56 metros, esta impulsará el agua del pozo hacia el STA.

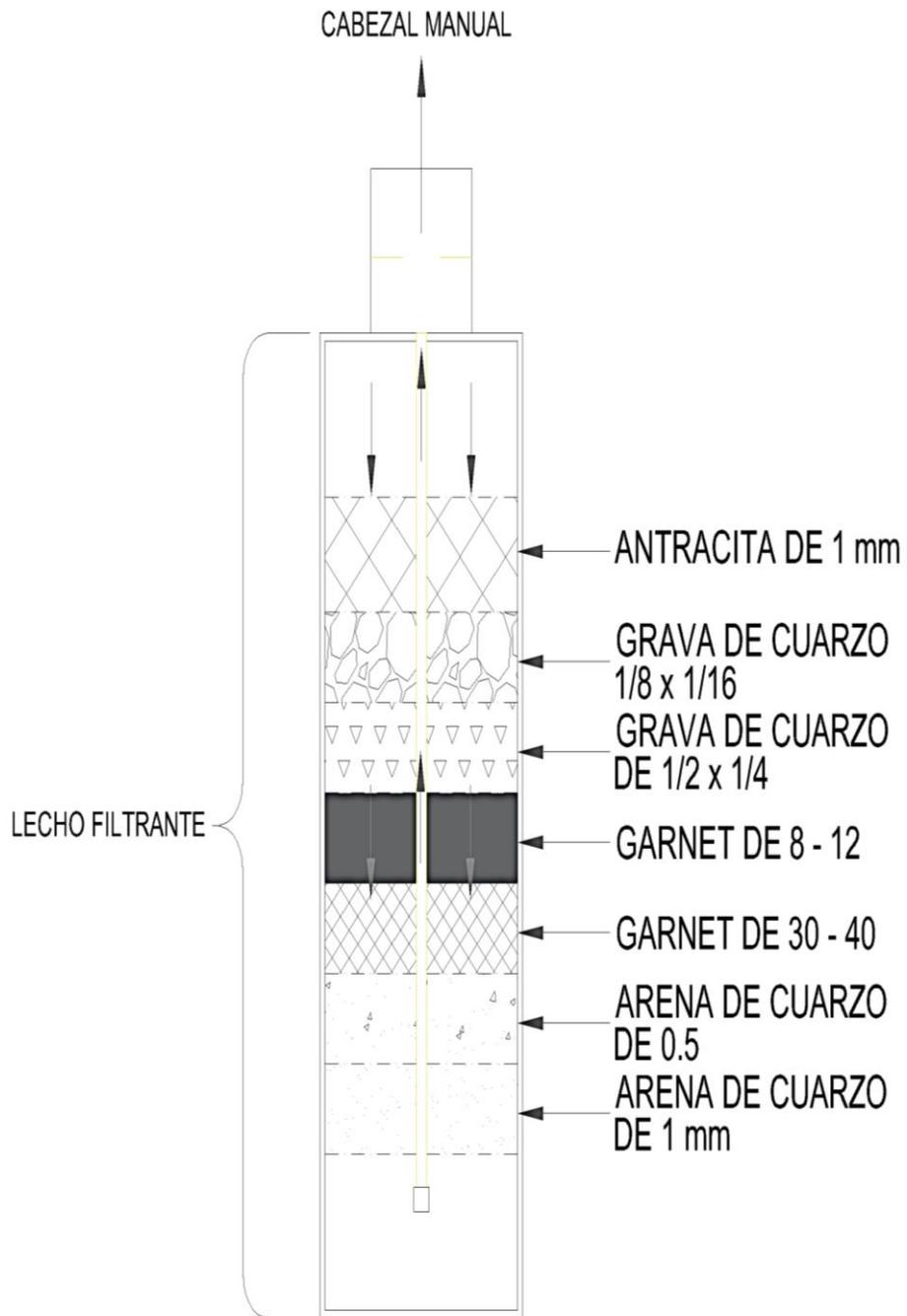


Figura 04. Filtro multimedia

Fuente: Elaboración propia

En la figura 04 podemos observar un filtro multimedia, el cual es fabricado en un material de poliglass, material tejido y reforzado con fibra de vidrio; donde el agua cruda pasa por los componentes filtrantes de diferente granulometría (antracita, gravas de cuarzo, garnet y arenas de cuarzo), reteniendo las impurezas grandes (sólidos en suspensión con un tamaño mayor o igual a 30 μ).

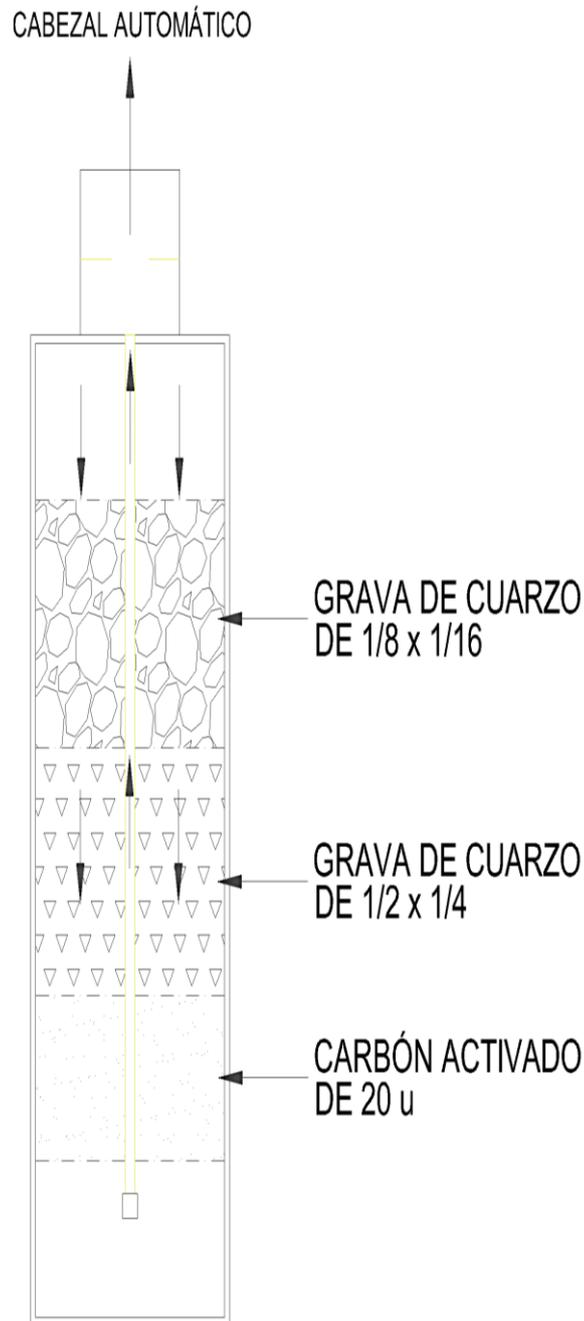


Figura 05. Filtro de carbón activo

Fuente: Elaboración propia

En la figura 05 se presenta la estructura de un filtro de carbón activo; donde el agua pasa por los medios filtrantes de diferente granulometría (gravas de cuarzo y carbón activado triturado y obtenido de la incineración de cascara de coco), cumple la función de atraer, capturar y romper las moléculas contaminantes con un tamaño mayor o igual a 20 μ , así mismo mejorará el olor y sabor del agua.

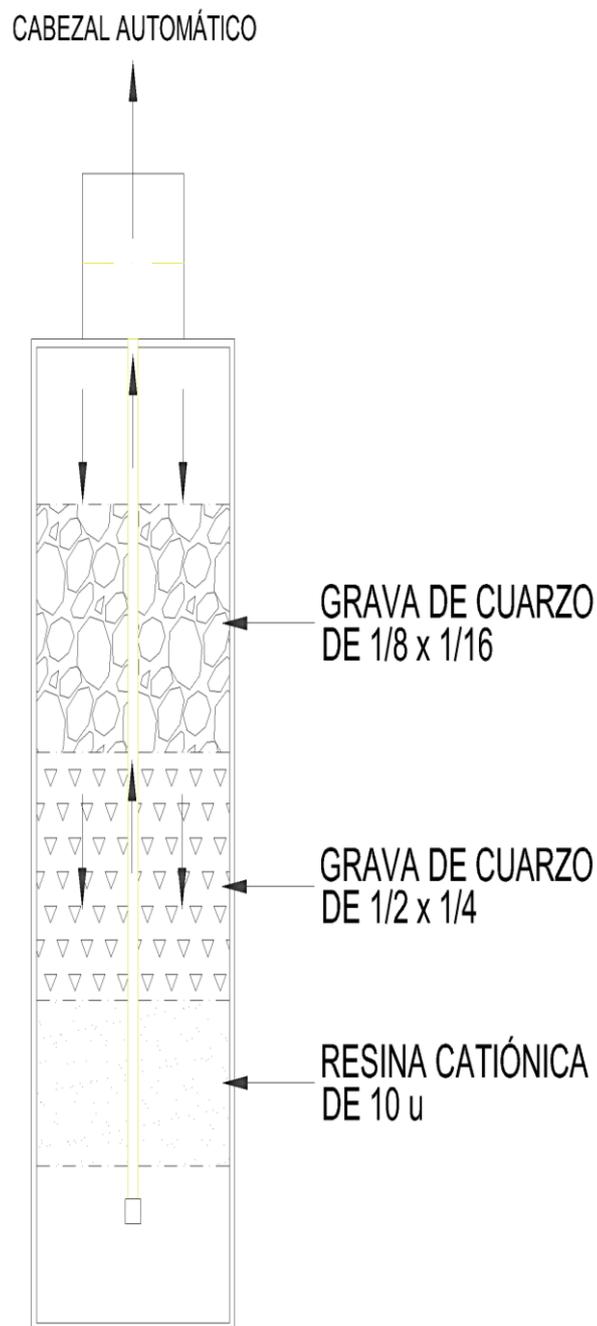


Figura 06. Ablandador

Fuente: Elaboración propia

En la figura 06 se muestra el diseño de un filtro ablandador; donde el agua pasa por medio de una cama filtrante de diferente granulometría (gravas de cuarzo y resina catiónica), que gracias a sus atributos químicos se encargarán de captar y reservar los iones causantes de la dureza.

CABEZAL AUTOMÁTICO

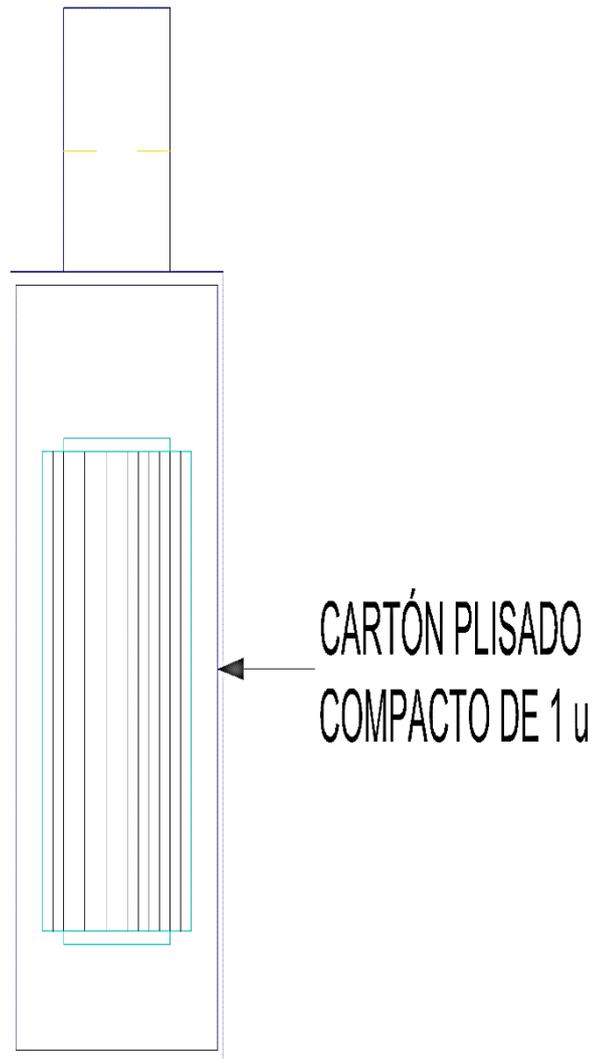


Figura 07. Filtro pulidor
Fuente: Elaboración propia

En la figura 07 se exhibe un filtro pulidor; donde el agua pasa a través de un cuerpo filtrante (cartón plisado compacto), cumple la función de abrillantamiento y retención de partículas contaminantes con un tamaño de 1 μ .

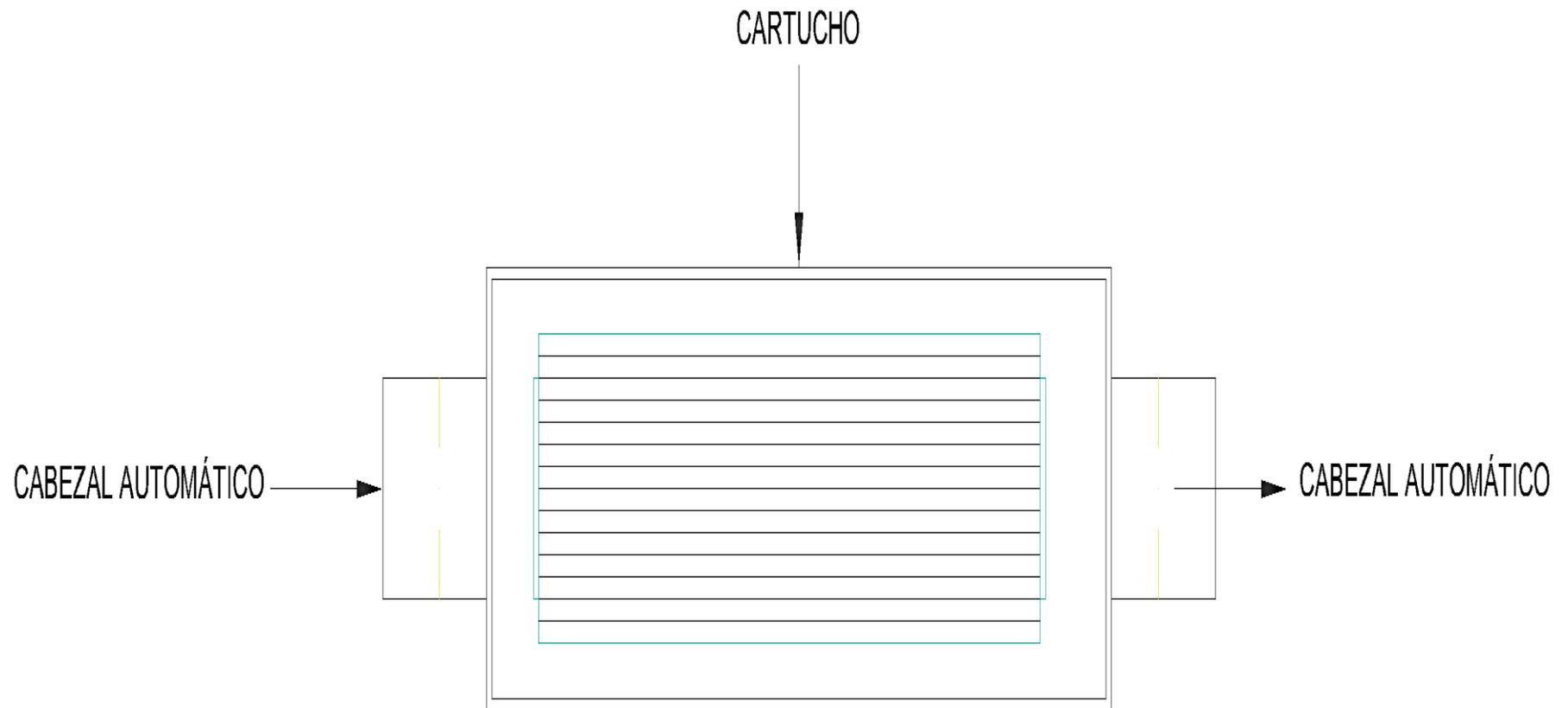


Figura 08. Lámpara UV

Fuente: Elaboración propia

En la figura 08 observamos el diagrama de una lámpara UV; que permite el paso del agua ya filtrada y su luz ultravioleta se encarga de eliminar microorganismos presentes en el agua.

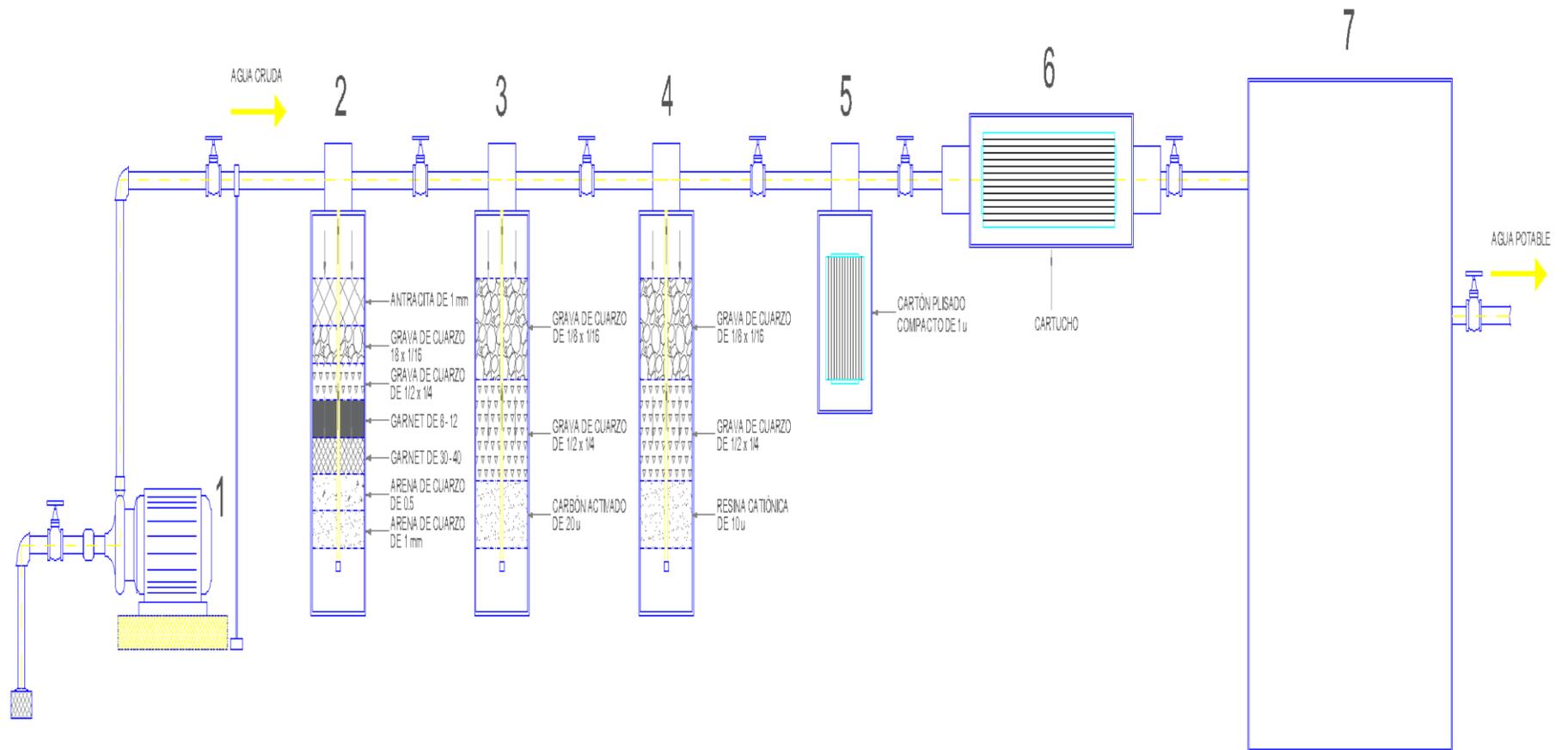


Figura 09. Sistema de tratamiento de agua

Fuente: Elaboración propia

En la figura 09 se presenta el sistema de tratamiento de agua para consumo humano propuesto en la presente investigación, los filtros tienen cabezales automáticos para el control de producción y sistema de retrolavado; el STA está conformado por una electrobomba (1), filtro multimedia (2), filtro de carbón activo (3), ablandador (4), filtro pulidor (5) y una lámpara UV (6), los mismos que estarán conectados mediante tubos PVC de 1" y tienen la finalidad de purificar el agua dentro de los parámetros acordados por el reglamento de la calidad del agua. Considerando que el tamaño de los filtros es de 13" x 54", estos purificarán 1900 litros por hora y su funcionamiento será de 12 horas al día.

Tabla 09. Medios filtrantes del sistema de tratamiento de agua

Medios filtrantes del STA (expresado en Kilogramos)		
Sistemas de tratamiento de agua (planta)		1900 Lt/Hr
Descripción		13" x 54"
		2.5 Pie ³
	Antracita de 1 mm	23 Kg
	Grava de cuarzo 1/8 x 1/16	2 Kg
	Grava de cuarzo de 1/2 x 1/4	13 Kg
Filtro multimedia	Garnet de 8 – 12 mm	16 Kg
	Garnet de 30 – 40 mm	13 Kg
	Arena de cuarzo de 0.5 mm	22 Kg
	Arena de cuarzo de 1 mm	22 Kg
	Grava de cuarzo de 1/8 x 1/16	2 Kg
Filtro de carbón activo	Grava de cuarzo de 1/2 x 1/4	13 Kg
	Carbón activado de 20 μ	35 Kg
	Grava de cuarzo de 1/8 x 1/16	7 Kg
Ablandador	Grava de cuarzo de 1/2 x 1/4	5 Kg
	Resina catiónica de 10 μ	70 Lt
Filtro pulidor	Cartón plisado compacto de 1 μ	2 Kg
Lámpara UV	Cartucho	5 Kg

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 09 se señala el orden, tamaño y cantidad de los elementos filtrantes que corresponde a cada uno de los equipos del STA.

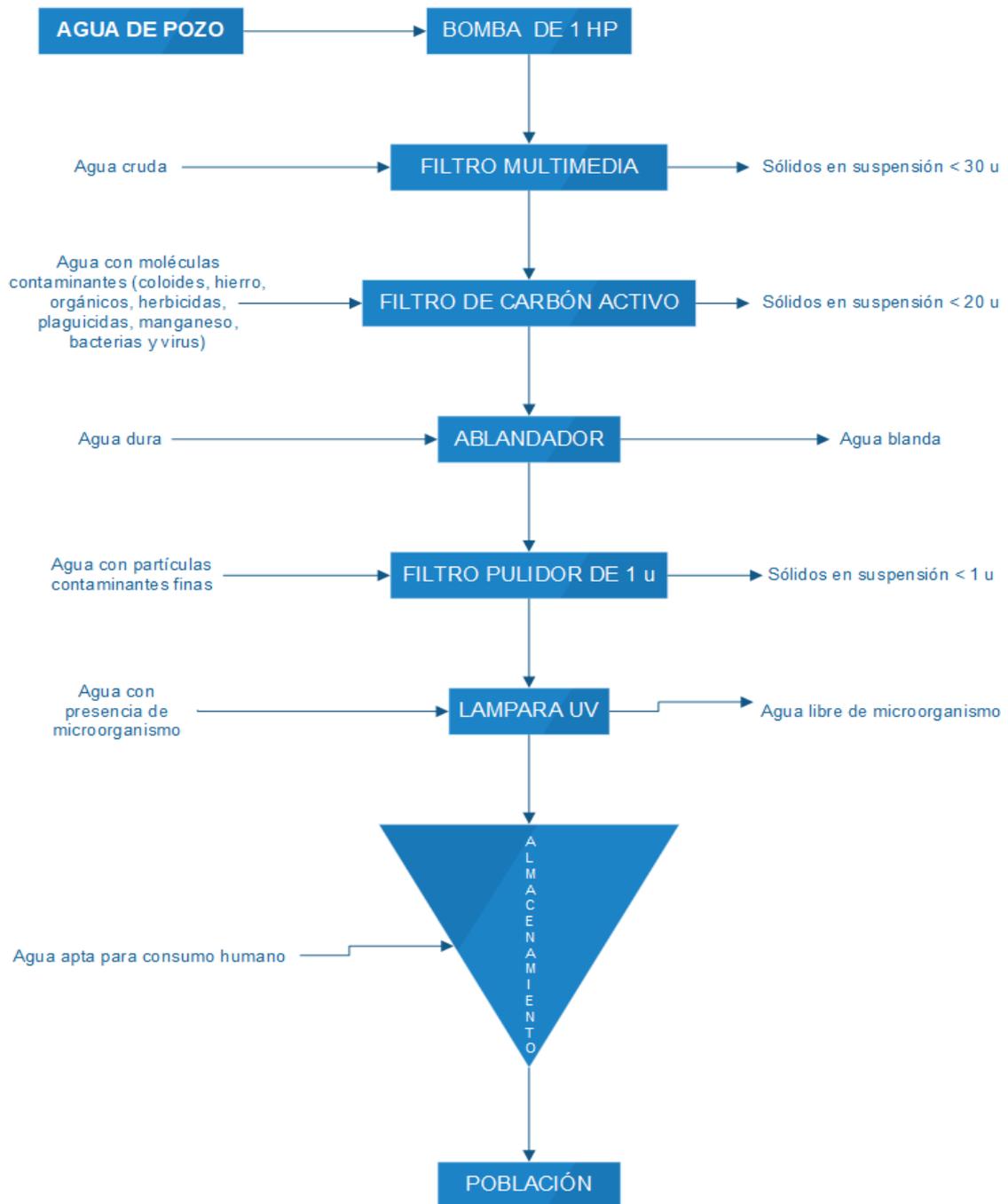


Figura 10. Diagrama de flujo del sistema de tratamiento de agua

Fuente: Elaboración propia

En la figura 10 se expone el diagrama de flujo del STA propuesto, detallando paso a paso sus entradas y salidas en el proceso de purificación del agua.

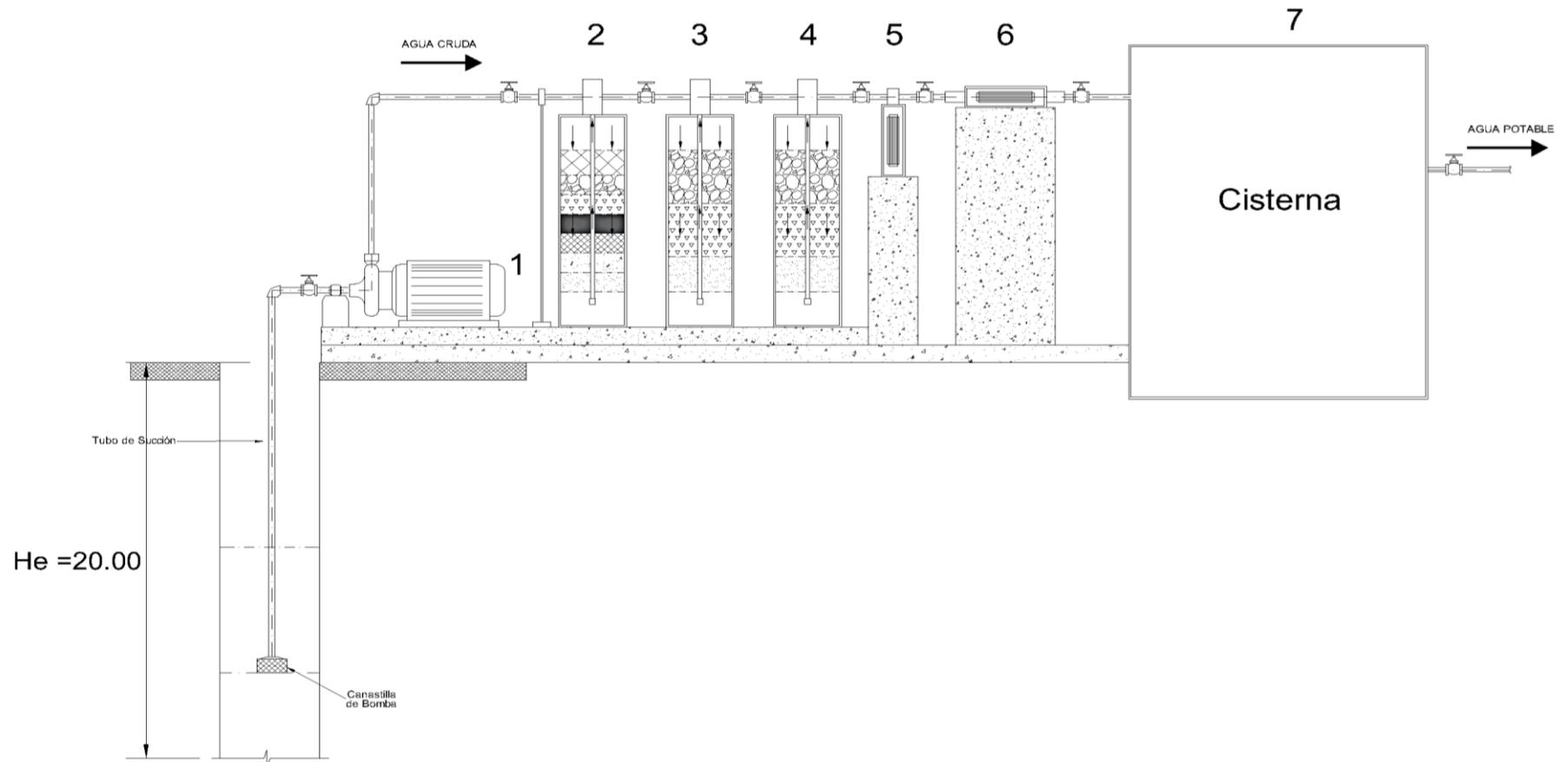


Figura 11. Representación de la instalación del STA

Fuente: Elaboración propia

He: Profundidad del pozo

En la figura 11 se representa como quedaría instalado el STA en el pozo del C. P. M. Mamape.

4.- Se presupuestó el costo e instalación de los filtros purificadores de agua, sus accesorios y es el siguiente:

Tabla 10. Costo de un filtro multimedia de 13" x 54"

Nº	Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario	Costo total
01	Carcasa de fibra de vidrio	unidad	1	S/. 654	S/. 654
02	Cabezal automático	unidad	1	S/. 436	S/. 436
03	Antracita de 1 mm	Kg	23	S/. 1	S/. 23
04	Grava de cuarzo de 1/8 x 1/16 mm	Kg	2	S/. 23	S/. 46
05	Grava de cuarzo de 1/2 x 1/4 mm	Kg	13	S/. 2	S/. 26
06	Garnet de 8 – 12 mm	Kg	16	S/. 1	S/. 16
07	Garnet de 30 – 40 mm	Kg	13	S/. 1	S/. 13
08	Arena de cuarzo de 0.5 mm	Kg	22	S/. 1	S/. 22
09	Arena de cuarzo de 1 mm	Kg	22	S/. 1	S/. 22
10	Tubo central con canastilla inferior y superior	unidad	1	S/. 22	S/. 22
					S/. 1 280

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 10 podemos observar los costos actuales de los componentes que forman parte de un filtro multimedia de 13" x 54", que suman un total de S/. 1 280.

Tabla 11. Costo de un filtro de carbón activo de 13" x 54"

Nº	Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario	Costo total
01	Carcasa de fibra de vidrio	unidad	1	S/. 654	S/. 654
02	Cabezal automático	unidad	1	S/. 436	S/. 436
03	Grava de cuarzo de 1/8 x 1/16 mm	Kg	2	S/. 23	S/. 46
04	Grava de cuarzo de 1/2 x 1/4 mm	Kg	13	S/. 2	S/. 26
05	Carbón activado de 0.25 mm	Kg	35	S/. 18	S/. 630
06	Tubo central con canastilla inferior y superior	unidad	1	S/. 22	S/. 22
					S/. 1 814

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 11 se muestran los costos actuales de los componentes que forman parte de un filtro de carbón activo de 13" x 54", que hacen un total de S/. 1 814.

Tabla 12. Costo de un ablandador de agua de 13" x 54"

N°	Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario	Costo total
01	Carcasa de fibra de vidrio	unidad	1	S/. 654	S/. 654
02	Cabezal automático	unidad	1	S/. 436	S/. 436
03	Grava de cuarzo de 1/8 x 1/16 mm	Kg	7	S/. 23	S/. 161
04	Grava de cuarzo de 1/2 x 1/4 mm	Kg	5	S/. 2	S/. 10
05	Resina catiónica	Kg	25	S/. 72	S/. 1800
06	Tubo central con canastilla inferior y superior	unidad	1	S/. 22	S/. 22
					S/. 3 083

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 12 se presentan los costos actuales de los componentes que forman parte de un filtro ablandador de 13" x 54", cuyo costo total es de S/. 3 083.

Tabla 13. Costo de un filtro pulidor de 4.5" x 20"

N°	Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario	Costo total
01	Carcasa de polipropileno	unidad	1	S/. 180	S/. 180
02	Cartón plisado compacto de 1 μ	unidad	1	S/. 80	S/. 80
					S/. 260

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 13 se manifiestan los costos actuales de los componentes que forman parte de un filtro pulidor de 4.5" x 20", que tienen un total de S/. 260.

Tabla 14. Costo de una lámpara UV

N°	Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario	Costo total
01	Carcasa	unidad	1	S/. 500	S/. 500
02	Lámpara UV	unidad	1	S/. 750	S/. 750
03	Balastro	unidad	1	S/. 1700	S/. 1700
					S/. 2 950

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 14 observamos los costos actuales de los componentes que forman parte de una lámpara UV, obteniendo un total de S/. 2 950.

Tabla 15. Costo de los accesorios necesarios para la instalación

N°	Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario	Costo total
01	Bomba centrífuga de 1 hp	unidad	1	S/. 650	S/. 650
02	Tanque cisterna de 500 lts	unidad	1	S/. 250	S/. 250
03	Unión universal de ½"	unidad	6	S/. 3	S/. 18
04	Codo de ½"	unidad	5	S/. 1	S/. 5
05	Tubo PVC de ½" x 5 mts	unidad	5	S/. 9	S/. 45
06	Tubo PVC de 1" x 5 mts	unidad	5	S/. 30	S/. 150
07	Niple de ½"	unidad	5	S/. 2	S/. 10
08	Válvulas de paso de 1"	unidad	6	S/. 8	S/. 48
09	Teflón de ½"	unidad	10	S/. 2	S/. 20
10	Pegamento PVC de ½ lt	unidad	1	S/. 12	S/. 12
					S/. 1 208

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 15 apreciamos los costos actuales de los accesorios necesarios para instalar un STA, cuya suma asciende a S/. 1 208.

Tabla 16. Costo total de la instalación del STA propuesto

N°	Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario	Costo total
01	Filtro multimedia de 13" x 54"	unidad	1	S/. 1280	S/. 1280
02	Filtro de carbón activo de 13" x 54"	unidad	1	S/. 1814	S/. 1814
03	Ablandador de 13" x 54"	unidad	1	S/. 3083	S/. 3083
04	Filtro pulidor de 4.5" x 20"	unidad	1	S/. 260	S/. 260
05	Lámpara UV	unidad	1	S/. 2950	S/. 2950
06	Accesorios	unidad	1	S/. 1208	S/. 1208
07	Mano de obra	---	---	S/. 4000	S/. 4000
					S/. 14 595

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 16 se presenta el costo total de la instalación del STA, sumando un total de S/. 14 595.

5.- Los autores de la presente investigación proponen que el proceso de funcionamiento y mantenimiento del sistema de tratamiento de agua, puede ser realizado por los habitantes del C. P. M. Mamape, para ello se tiene que llevar a cabo las siguientes acciones:

Capacitación

- Programar dos reuniones virtuales mediante la plataforma zoom con la finalidad de capacitar; en primer lugar a los directivos del C. P. M. Mamape, los mismos que se encargaran de capacitar al resto de pobladores sobre el funcionamiento y mantenimiento del STA propuesto en la investigación, para ello se coordinará con las autoridades locales, con el fin de que la mayoría de la población asista.

- La primera capacitación está dirigida a detallar el funcionamiento del STA, cumpliendo con las siguientes pautas;

1. Encender la bomba de 1 hp para que esta impulse el agua del pozo hacia los filtros;
2. Encender el tablero eléctrico para que inicie el funcionamiento de los equipos;

3. Verificar que el agua circule por cada uno de los filtros y la lámpara UV;
4. Verificar que el agua tratada este dentro de los valores de referencia del reglamento de la calidad del agua para consumo humano con un equipo multiparámetro y
5. Distribuir el agua tratada.

Nota: el STA estará encendido de 05:00 a 09:00 am, de 11:00 am a 03:00 pm y finalmente de 05:00 a 09:00 pm, haciendo pausas de dos horas respectivamente, con el fin de evitar recalentar los equipos.

- La segunda capacitación estará orientada a precisar el mantenimiento y retrolavado de los equipos, cumpliendo de manera ordenada las siguientes pautas;

1. Agregar 400 lts de agua al tanque cisterna que tiene una capacidad de 500 lts, y se encuentra ubicado antes del sistema de tratamiento de agua;
2. Añadir una mezcla de 1.5 lts de bioxlor y 2.5 lts de ácido peracético dentro del tanque cisterna;
3. Impulsar la mezcla encargada de limpiar impurezas incrustadas en los filtros, para que esta circule por el STA con una duración de treinta minutos por cada filtro;
4. Invertir el flujo del agua para que esta regrese al tanque cisterna para su disposición final y
5. Realizar el retrolavado y mantenimiento del STA cada 72 horas, con el fin de no saturar la capacidad de los filtros y extender su vida útil.

Nota: cabe resaltar que los filtros se programan para retrolavarse en base a tiempo o demanda (por flujo), durante el proceso de retrolavado el STA envía al drenaje aquellas impurezas retenidas durante el funcionamiento.

V. DISCUSIÓN

En este capítulo se sintetizó los principales hallazgos, se apoyó y comparó los resultados encontrados con los de los principales antecedentes ya citados. Además, se resalta la relevancia de la investigación.

La teoría de la filtración del agua es el principal sustento para el desarrollo de esta investigación, en ella se señala que civilizaciones antiguas, entre las que destacan los egipcios, construyeron prototipos de plantas de tratamiento de agua potable para abastecer a su población, estas fueron la base para perfeccionar las PTAP, siendo un modelo ampliamente replicado en la actualidad por su alta eficiencia.

Los resultados encontrados en este estudio, en cuanto a determinar parámetros fisicoquímicos y microbiológicos actuales en el agua de consumo humano del C. P. M. Mamape, señalan la importancia de evaluar indicadores de calidad organoléptica del agua cruda, con el fin de diagnosticar la calidad del recurso e identificar cual es el sistema adecuado para el tratamiento de potabilización, que permita mejorar las propiedades del agua usando filtros.

Los resultados de los parámetros color, turbidez y STD son 11 UCV, 4.7 UNT y 624 mg/L respectivamente, y tienen niveles elevados, no obstante Nissenson y Fine (2016), aseguran que los valores de estos indicadores se pueden reducir significativamente utilizando un filtro multimedia como tratamiento de potabilización del agua.

Los parámetros olor y sabor no son aceptables al olfato y gusto humano, así mismo los resultados del pH, aluminio, cobre y zinc son 6.7 (pH ácido), 0.1 mg/L, 1mg/L y 0.1 mg/L respectivamente, frente a ello Zhou (2015), afirma que un filtro de carbón activo es un tratamiento eficiente para purificar el agua, ya que tiene efectos significativos en la eliminación y captura de estos contaminantes.

Con respecto a los valores de CE, cloruros, sulfatos y sodio, estos son 756 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 244.92 mg/L, 98 mg/L y 95 mg/L respectivamente, sin embargo Bouwman *et al.* (2015), sostienen que estas concentraciones pueden disminuir considerablemente al emplear un ablandador como tratamiento de desmineralización del agua.

El resultado del parámetro dureza total fue de 282 mg/L, según la clasificación hecha por S. Gupta e I. Gupta (2020), se categorizó la fuente de agua subterránea del C. P. M. Mamape como agua muy dura, ya que su concentración es mayor a 180 mg/L, por esta razón Sharjeel *et al.* (2019), recomiendan el uso de ablandadores, con el objetivo de eliminar las sales minerales causantes de la dureza.

El resultado de los parámetros microbiológicos BCT, EC y BCTF es de 0 UFC, lo cual indica que no hay presencia de microorganismos, sin embargo en caso de que este valor cambie Hinds *et al.* (2019), apoyan el uso de lámparas UV para desinfectar el agua.

Los hallazgos detectados por un lado se asemejan a los de la investigación de Agrawal *et al.* (2020), donde se examinó parámetros básicos del agua como pH, STD, turbidez, salinidad y CE con el propósito de determinar la inocuidad del agua y precisar si un filtro multimedia es eficiente para mejorar las características del agua.

Determinar la dotación actual de agua para la población del C. P. M. Mamape, es el segundo objetivo específico de esta investigación, este cálculo se halló teniendo como referencia la norma técnica peruana para instalaciones sanitarias; específicamente el artículo seis, donde se indica la cantidad diaria de agua necesaria para satisfacer las necesidades domésticas de cada habitante.

Diseñar los filtros que forman parte del sistema de tratamiento de agua propuesto en el C. P. M. Mamape, es el tercer objetivo específico de esta investigación, para ello se tomó en cuenta la información arrojada por los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos y la dotación actual de agua, con la finalidad de llevar a cabo el diseño de los equipos necesarios para purificar el agua, fijar la cantidad de agua potable que necesita la población del C. P. M. Mamape en lts/día para satisfacer sus necesidades básicas y seleccionar el componente hidráulico capaz de impulsar el agua del pozo hacia el STA.

Estos resultados coinciden parcialmente con la investigación de García y Gonzáles (2018), la cual propone seleccionar equipos de filtración, para obtener agua segura

y apta para el consumo humano; y así mejorar la calidad de vida de una población y reducir la propagación de enfermedades gastrointestinales.

Así mismo concuerdan con los resultados de la investigación de Córdoba *et al.* (2016), la cual señala la importancia de llevar a cabo el uso de filtros como una opción factible para potabilizar el agua en comunidades rurales, utilizando elementos filtrantes tales como arcillas, arenas y gravas. De igual manera sintonizan con la investigación de Yang *et al.* (2020), la cual indica la importancia de poner en práctica el diseño y uso de filtros multimedia biológicos para eliminar microorganismos y contaminantes de origen químico, con el fin de facilitar agua tratada a pequeñas comunidades.

De igual modo estos resultados son coincidentes con los de la investigación de J. Rodríguez *et al.* (2018), quienes diseñan un filtro ecológico, con el objeto de producir agua potable para zonas rurales dejando de lado el uso de productos químicos. Al mismo tiempo los resultados están en contraste con los de la investigación de Torres *et al.* (2017), dado que se plantea un arquetipo de sistema para la purificación del agua, utilizando arena y rocas de diferente tamaño, a fin de producir agua potable para abastecer a poblaciones rurales.

De manera semejante estos resultados encajan con los de la investigación de O. Mayorga y J. Mayorga (2016), donde se realiza la propuesta de un tratamiento para el agua, a través del diseño de un filtro de arena, con el propósito de cubrir la demanda de agua potable en sectores rurales. Por otro lado los resultados coinciden de cierta forma con los de la indagación de Moreira (2016), en la que se describe el funcionamiento e importancia del uso de los ablandadores de agua, con la intención de concientizar a la humanidad sobre los beneficios a la salud que proporciona el consumo de agua blanda.

Por otra parte estos resultados son apoyados por los de la investigación de Pérez *et al.* (2015), en la que se evaluó la eficiencia de dos filtros, con el objetivo de disminuir la turbiedad, eliminar la concentración de bacterias y convertir el agua en aprovechable para el uso humano. De manera análoga estos resultados son apoyados por el estudio de Huamán *et al.* (2019), en el que se propone utilizar equipos de filtración para mejorar las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas

del agua, con la intención de potabilizar el agua de consumo humano en zonas rurales.

Así mismo, estos resultados son respaldados por la investigación de Silupú *et al.* (2017), donde se plantea y comprueba que el uso de filtros de carbón activo adsorbe eficientemente metales pesados y microorganismos coliformes, mejorando las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua.

Presupuestar el costo de los filtros y accesorios que formarán parte del STA, es el cuarto objetivo específico de este estudio, sin embargo estos pueden variar en función del incremento del número de habitantes del C. P. M. Mamape, tipo de cambio de la moneda, oferta y demanda que tengan los equipos en el mercado nacional e internacional.

Proponer un proceso de funcionamiento y mantenimiento del STA que esté a cargo de los habitantes del C. P. M. Mamape, es el último objetivo específico de esta investigación, procedimiento que es esencial para evitar que se sature alguno de los componentes hidráulicos, equipos electromecánicos y garantizar que se produzca agua potable de calidad en beneficio a los moradores del C. P. M. Mamape dentro de los LMP establecidos por la normativa nacional.

La propuesta de instalación del STA busca beneficiar directamente a los habitantes del C. P. M. Mamape, al diseñar una planta de tratamiento de agua, que tendrá la finalidad de abastecer a dicha población con agua potable de calidad salvaguardando la salud de sus moradores; el factor limitante es el costo, ya que las poblaciones asentadas en zonas rurales carecen de recursos económicos, ante esta situación una posible solución podría ser que instituciones públicas (municipalidad distrital, provincial o gobierno regional) u organizaciones privadas gestionen y pongan en marcha dicha instalación.

La importancia de esta investigación reside en plantear un tratamiento tecnológico, usando equipos a los cuales se les programará para un procedimiento de operación automático, con la finalidad de filtrar el agua para mejorar su calidad sanitaria y así mejorar la calidad de vida a los residentes del C. P. M. Mamape.

VI. CONCLUSIONES

1. Se caracterizó el agua de pozo del C. P. M. Mamape, lugar de donde se extrae el agua que es empleada por los habitantes, teniendo como observación resaltante que este recurso no recibe un tratamiento para su potabilización.
2. Según los resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, los indicadores no superan los valores de referencia estipulados en el reglamento de la calidad del agua para consumo humano D. S. 031 – 2010 – SA; sin embargo esta norma no se ha actualizado desde el año 2010.
3. Según los cálculos realizados el STA cubrirá la demanda de dotación de agua por habitante en el C. P. M. Mamape, garantizándose a futuro que cada poblador podrá satisfacer sus necesidades básicas de manera óptima.
4. Con respecto al diseño del STA, este se realizó teniendo en cuenta las características del agua subterránea, donde cada filtro y/o equipo cumple una función específica para suprimir y retener contaminantes presentes en el medio. El tamaño de los equipos puede variar en relación a la dotación de agua requerida para una determinada comunidad. Así mismo los elementos filtrantes de los FM, FCA y FA pueden variar en función de las propiedades del agua a tratar. El uso de filtros es una opción tecnológica innovadora factible en zonas rurales que no cuentan con PTAP o en otras ocasiones estas son deficientes. Para cubrir la escasez de agua potable en el C. P. M. Mamape es necesaria la instalación de un STA.
5. El costo total de la instalación del STA es accesible y puede ser ejecutada por la misma población, o solicitar el financiamiento a instituciones públicas o privadas, cabe destacar que una empresa privada que viene instalándose en el C. P. M. Mamape está interesada en contribuir económicamente para instalar los equipos propuestos en la presente investigación.
6. La operación y mantenimiento del STA no requiere de expertos, por el contrario los habitantes del C. P. M. Mamape pueden realizar dichas actividades con una previa capacitación.

VII. RECOMENDACIONES

1. Establecer un programa de monitoreo y vigilancia de la calidad del agua, en coordinación con las autoridades locales, municipales, regionales, Digesa, y las JASS. Así mismo es recomendable adquirir un equipo multiparámetro para medir parámetros básicos en la fuente de agua subterránea. Además, llevar a cabo un análisis de parámetros químicos inorgánicos para descartar la presencia de metales pesados.
2. Se sugiere determinar la dotación de agua de la localidad en estudio, con la intención de especificar el volumen de agua necesario, y así precisar el tamaño de los equipos de filtración que se encargarán de mejorar la calidad del agua.
3. Para el diseño del STA se debe tener en cuenta las cualidades y la composición de la fuente de agua y el número de personas que residen en el C. P. M. Mamape, con el fin de seleccionar adecuadamente los equipos necesarios para la purificación del agua, posteriormente se aconseja utilizar el software AutoCAD para diseñar el STA.
4. Se recomienda instalar el STA propuesto en la presente investigación, con el propósito de mejorar la calidad organoléptica del agua, y por ende brindar una mejor calidad de vida a los habitantes del C. P. M. Mamape.
5. Realizar una capacitación a los pobladores, con el objetivo de concientizarlos sobre la importancia de la conservación de fuentes de agua subterránea y consumir agua tratada, con el propósito de conservar el recurso y evitar la aparición de enfermedades renales y gastrointestinales. De igual manera sensibilizar a los agricultores a que utilicen abonos orgánicos para no contaminar el agua del subsuelo.
6. Difundir la presente investigación para que sirva como base para el desarrollo de futuros estudios, que permitan perfeccionar el uso de tecnologías en la potabilización del agua, garantizándose el acceso a agua segura en el territorio nacional urbano y rural.

REFERENCIAS

AGRAWAL, Anshul, SHARMA, Neha y SHARMA, Prashant. Designing an economical slow sand filter for households to improve water quality parameters. *Materials Today: Proceedings* [en línea]. Junio – septiembre 2020, v. 43. [Fecha de consulta: 09 de noviembre de 2020].

Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785320371662>

ISSN: 2214 – 7853

AHMAD, Faiyaz. Evolution of water purification methods. *International Journal of Unani and Integrative Medicine* [en línea]. Febrero – marzo 2018, v. 2, n.º 2. [Fecha de consulta: 01 de octubre de 2020].

Disponible en <https://www.unanijournal.com/archives/2018/vol2issue2/B/2-2-17>

ISSN: 2616 – 4558

AL DAHAAN, Saadi, Al ANSARI, Nadhir y KNUTSSON, Sven. Influence of groundwater hypothetical salts on electrical conductivity total dissolved solids. *Engineering* [en línea]. Octubre – noviembre 2016, v. 8, n.º 11. [Fecha de consulta: 05 de noviembre de 2020].

Disponible en <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1050401&dswid=5945>

ISSN: 1947 – 394X

BARRETO, Juan. Potabilización del agua: Principios de diseño, control de procesos y laboratorio [en línea]. Colombia: Universidad Piloto de Colombia, 2015 [fecha de consulta: 30 de septiembre de 2020]. Capítulo 2. Generalidades de la potabilización.

Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=3uk0DwAAQBAJ&lpg=PP1&dq=potabilizacion%20del%20agua&pg=PP1#v=onepage&q&f=false>

ISBN: 9789588957180

BOUWMAN, Yvonne, FENTON, V'lain y BRUN, Paul. Practical pharmaceuticals: An international guideline for the preparation, care and use of medicinal products [en línea]. Reino Unido: Springer, 2015 [fecha de consulta: 29 de septiembre de 2020]. Capítulo 28. Equipment.

Disponible en:
https://books.google.com.pe/books?id=s_FrCgAAQBAJ&lpg=PA621&dq=softeners%20for%20calcium%20and%20magnesium%20salts&pg=PP1#v=onepage&q=softeners%20for%20calcium%20and%20magnesium%20salts&f=false
ISBN: 9783319158143

BOYD, Claude. Water quality: An introduction [en línea]. 3.^a ed. Estados Unidos: Springer Nature, 2019 [fecha de consulta: 25 de septiembre de 2020]. Capítulo 1. Physical properties of water.

Disponible en:
<https://books.google.es/books?id=h0mvDwAAQBAJ&lpg=PR5&dq=water%20quality&lr&hl=es&pg=PR1#v=onepage&q=water%20quality&f=false>
ISBN: 9783030233358

CAIRAMPOMA, Alberto y VILLEGAS, Paul. El acceso universal al agua potable: La experiencia peruana. *Derecho PUCP* [en línea]. Febrero – mayo 2016, n.º 76. [Fecha de consulta: 01 de octubre de 2020].

Disponible en:
<https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/derechopucp/article/view/14855>
ISSN: 0251 – 3420

CHENG, Ya, XIONG, Weiyao y HUANG, Tinglin. Catalytic oxidation removal of manganese from groundwater by iron–manganese co-oxide filter films under anaerobic conditions. *Science of The Total Environment* [en línea]. Marzo – mayo 2020, v. 737. [Fecha de consulta: 20 de abril de 2021].

Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969720330424>
ISSN: 0048 – 9697

COHEN, Yoram, SEMIAT, Raphael y RAHARDIANTO, Anditya. A perspective on reverse osmosis water desalination: Quest for sustainability. *AICHE Journal* [en línea]. Abril – junio 2017, v. 63, n.º 6. [Fecha de consulta: 03 de noviembre de 2020]. Disponible en <https://aiche.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/aic.15726>
ISSN: 1547 – 5905

CÓRDOBA, Juan [et al]. Recopilación de experiencias en la potabilización del agua por medio del uso de filtros. *INVENTUM* [en línea]. Enero – junio 2016, v. 11, n.º 20. [Fecha de consulta: 03 de octubre de 2020]. Disponible en <https://revistas.uniminuto.edu/index.php/Inventum/article/view/1442>
ISSN: 2590 – 8219

Decreto supremo n.º 031 – 2010 – SA. Ministerio de salud, Lima, Perú, 26 de setiembre de 2010.
Disponible en http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento_Calidad_Agua.pdf

GARCÍA, Marcos y GONZÁLES, M. Propuesta de selección de equipo para la mejora del tratamiento de agua potable en el Centro Poblado Pueblo Nuevo del distrito de Mochumí, Lambayeque. *Revista científica – UNPRG* [en línea]. Enero – marzo 2018, v. 9. [Fecha de consulta: 19 de septiembre de 2020]. Disponible en <http://revistas.unprg.edu.pe/openjournal/index.php/revistacientifica/article/view/556/111>
ISSN: 2221 – 5921

GONZÁLEZ, Jorge. El acceso a agua potable como derecho humano [en línea]. España: Editorial Club Universitario, 2015 [fecha de consulta: 23 de septiembre de 2020]. Capítulo 1. El agua como recurso compartido.

Disponible en:
<https://books.google.com.pe/books?id=7vriBwAAQBAJ&lpg=PP1&dq=El%20acceso%20a%20agua%20potable%20como%20derecho%20humano&hl=es&pg=PP1#v=onepage&q=El%20acceso%20a%20agua%20potable%20como%20derecho%20humano&f=false>

ISBN: 9788416113620

GONZÁLEZ, Rosalina. Mediciones ambientales: Componente recurso agua: Guía práctica de clase y laboratorio [en línea]. Colombia: Universidad de la Salle, 2020 [fecha de consulta: 10 de septiembre de 2020]. Capítulo 3. Muestreo ambiental de aguas superficiales, subterráneas y vertimientos.

Disponible en:
<https://books.google.com.pe/books?id=lvD6DwAAQBAJ&lpg=PA37&dq=guia%20para%20tomar%20muestras%20de%20agua%20subterranea&pg=PA1#v=onepage&q=guia%20para%20tomar%20muestras%20de%20agua%20subterranea&f=false>

ISBN: 9789585148239

GUALDRÓN, Eduardo. Evaluación de la calidad de agua de ríos de Colombia usando parámetros fisicoquímicos y biológicos. *Revista Dinámica Ambiental* [en línea]. Diciembre 2016, n.º 1. [Fecha de consulta: 11 de noviembre de 2020].

Disponible en <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/ambiental/article/view/4593>
ISSN: 2590 – 6704

GUPTA, S. y GUPTA, I. Drinking water quality assessment and management [en línea]. India: Scientific Publishers, 2020 [fecha de consulta: 28 de septiembre de 2020]. Capítulo 3. Water quality parameters and standards.

Disponible en:
<https://books.google.com.pe/books?id=GdjyDwAAQBAJ&lpg=PA51&dq=quality%20indices%20for%20making%20underground%20water%20potable&pg=PP1#v=onepage&q=quality%20indices%20for%20making%20underground%20water%20potable&f=false>

ISBN: 9789389184396

HENDRICKS, David. Water treatment unit processes: Physical and chemical [en línea]. Estados Unidos: CRC Press, 2018 [fecha de consulta: 25 de septiembre de 2020]. Capítulo 1. Water treatment.

Disponible en:
<https://books.google.es/books?id=HDFRDwAAQBAJ&lpg=PP1&dq=theory%20%20design%20and%20control%20of%20water%20clarification%20processes&lr&hl=es&pg=PP1#v=onepage&q=theory,%20design%20and%20control%20of%20water%20clarification%20processes&f=false>

ISBN: 9781420003437

HERNÁNDEZ, Roberto y MENDOZA, Christian. Metodología de la investigación – Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. México: McGraw-Hill Interamericana, 2018. 752 pp.

ISBN: 9781456260965

HERNÁNDEZ, Shirley y POOT, Carlos. Coliformes Totales en Malecón Turístico. *ConCiencia Tecnológica* [en línea]. Enero – junio 2018, n.º 55. [Fecha de consulta: 12 de noviembre de 2020].

Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6839149>

ISSN: 1405 – 5597

HINDS, Laura [et al]. Principles and mechanisms of ultraviolet light emitting diode technology for food industry applications. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* [en línea]. Octubre – agosto 2019, v. 56. [Fecha de consulta: 22 de abril de 2021].

Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1466856418309688>
ISSN: 1466 – 8564

HUAMÁN, Martin [et al]. Tecnología de potabilización de agua en zonas rurales como medida de adaptación al cambio climático en el Callejón de Huaylas, Ancash – Perú. *Revista de Investigación: Ciencia, Tecnología y Desarrollo* [en línea]. Febrero – marzo 2019, v. 5. [Fecha de consulta: 09 de noviembre de 2020].

Disponible en https://revistas.upeu.edu.pe/index.php/ri_ctd/article/view/1357
ISSN: 2410 – 843X

LAGHARI, Abdul [et al]. Groundwater quality analysis for human consumption: A case study of Sukkur city, Pakistán. *Engineering, Technology and Applied Science Research* [en línea]. Febrero 2018, v. 8. [Fecha de consulta: 05 de noviembre de 2020].

Disponible en <https://www.etasr.com/index.php/ETASR/article/view/1768>
ISSN: 1792 – 8036

LAZO, Andrés y SOLIS, Yuliana. Interpretación de calidad de agua para casos con potencial intrusión salina. *Revista Tecnología en Marcha* [en línea]. Diciembre 2019, v. 32. [Fecha de consulta: 12 de noviembre de 2020].

Disponible en https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/4883
ISSN: 0379 – 3982

Ley n.º 30806. Diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 05 de julio de 2018.

Disponible en https://portal.concytec.gob.pe/images/renacyt/reglamento_renacyt_version_final.pdf

LIN, Kunning [et al]. Determination of ammonia nitrogen in natural waters: Recent advances and applications. *Trends in Environmental Analytical Chemistry* [en línea]. Junio – octubre 2019, v. 24. [Fecha de consulta: 20 de abril de 2021].

Disponible en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214158819300364>

ISSN: 2214 – 1588

LUGO, José y LUGO, Elkyn. Beneficios socio ambientales por potabilización del agua en los pueblos palafíticos de la ciénaga grande de Santa Marta – Colombia. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* [en línea]. Enero – junio 2018, v. 21. [Fecha de consulta: 18 de septiembre de 2020].

Disponible en <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/685/685>

ISSN: 2619 – 2551

MALECKI, Jerzy [et al]. Mobility of copper and zinc in near-surface groundwater as a function of the hypergenic zone lithology at the Kampinos National Park (Central Poland). *Environmental Earth Sciences* [en línea]. Marzo – abril 2017, v. 76, n.º 7. [Fecha de consulta: 21 de abril de 2021].

Disponible en <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12665-017-6527-7>

ISSN: 1866 – 6299

MARZEC, Michal [et al]. The use of carbonate-silica rock (opoka) to remove iron, manganese and indicator bacteria from groundwater. *Journal of Water and Land Development* [en línea]. Abril – junio 2017, n.º 34. [Fecha de consulta: 20 de abril de 2021].

Disponible en <https://journals.pan.pl/dlibra/show-content?id=102112>

ISSN: 1429 – 7426

MAYORGA, Omar y MAYORGA, José. Propuesta de tratamiento del agua de consumo humano en pequeñas comunidades. Caso: sector Santa Rosa-La Hechicera (Mérida, Venezuela). *Revista INGENIERÍA UC* [en línea]. Enero – diciembre 2016, v. 23, n.º 3. [Fecha de consulta: 01 de octubre de 2020].

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=70748810014>

ISSN: 1316 – 6832

MOREIRA, Ángel. Consideraciones actuales sobre ablandamiento del agua. *Dominio de las Ciencias* [en línea]. Febrero – octubre 2016, v. 2, n.º 4. [Fecha de consulta: 03 de octubre de 2020].

Disponible en

<https://www.dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/258/308>

ISSN: 2477 – 8818

NISSENSON, Allen y FINE, Richard. Handbook of dialysis therapy E-Book [en línea]. 5.ª ed. Estados Unidos: Elsevier Health Sciences, 2016 [fecha de consulta: 28 de septiembre de 2020]. Capítulo 10. Water treatment equipment.

Disponible en:

<https://books.google.com.pe/books?id=cGpjDQAAQBAJ&pg=PA127&dq=multimedia%20filters%20for%20water&pg=PP1#v=onepage&q=multimedia%20filters%20for%20water&f=false>

ISBN: 9780323445504

OFFENBAUME, Kane, BERTONE, Edoardo y STEWART, Rodney. Monitoring approaches for faecal indicator bacteria in water: Visioning a remote real-time sensor for *E. coli* and Enterococci. *Water* [en línea]. Agosto – septiembre 2020, v.12, n.º 9. [Fecha de consulta: 13 de noviembre de 2020].

Disponible en <https://www.mdpi.com/2073-4441/12/9/2591>

ISSN: 2073 – 4441

OSPINA, Oscar y CARDONA, Oscar. Evaluación de la contaminación por aluminio del agua para consumo humano, región central de Colombia. *INGE CUC* [en línea]. Julio – diciembre 2021, v. 17, n.º 2. [Fecha de consulta: 20 de abril de 2021].

Disponible en <https://revistascientificas.cuc.edu.co/ingecuc/article/view/2548>

ISSN: 2382 – 4700

OTZEN, Tamara y MANTEROLA, Carlos. Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. *International Journal of Morphology* [en línea]. Marzo 2017, v. 35. [Fecha de consulta: 06 de octubre de 2020].

Disponible en https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0717-95022017000100037&script=sci_arttext

ISSN: 0717 – 9502

PÉREZ, Andrea [et al]. Evaluación del tratamiento de agua para consumo humano mediante filtros Lifestraw y Olla Cerámica. *Revista de salud pública* [en línea]. Enero – marzo 2016, v. 18, n.º 2. [Fecha de consulta: 19 de septiembre de 2020]. Disponible en <https://revistas.unal.edu.co/index.php/revsaludpublica/article/view/48712>
ISSN: 2539 – 3596

PINO, Edwin [et al]. Factores que inciden en el agotamiento y la contaminación por intrusión marina en el acuífero costero de La Yarada, Tacna, Perú. *Tecnología y ciencias del agua* [en línea]. Septiembre – octubre 2019, v. 10, n.º 5. [Fecha de consulta: 21 de abril de 2021]. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-24222019000500177&script=sci_arttext
ISSN: 2007 – 2422

RIVERA, Álvaro. Evaluación de los modelos de gestión de proyectos rurales de agua potable y saneamiento básico implementados en los llanos de Colombia. *Revista DYNA* [en línea]. Enero – marzo 2018, v. 85, n.º 204. [Fecha de consulta: 02 de octubre de 2020]. Disponible en http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532018000100289&lang=es
ISSN: 2346 – 2183

RODRÍGUEZ, C. [et al]. Presencia de indicadores microbiológicos en agua para consumo humano en San Cosme (Corrientes, Argentina). *Revista Veterinaria* [en línea]. Marzo – mayo 2017, v. 29. [Fecha de consulta: 12 de noviembre de 2020]. Disponible en <https://revistas.unne.edu.ar/index.php/vet/article/view/2779>
ISSN: 1669 – 6840

RODRÍGUEZ, Josué [et al]. Diseño de un filtro potabilizador ecológico para comunidades rurales, utilizando la Moringa Oleifera. *Revista Lasallista de Investigación* [en línea]. Mayo – julio 2018, v. 15, n.º 2. [Fecha de consulta: 04 de octubre de 2020]. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6938037>
ISSN: 1794 – 4449

SHARJEEL, Ahmed [et al]. Design, Development and performance of optimum water softener. *Earth Sciences Pakistan* [en línea]. Noviembre – febrero 2019, v. 3. [Fecha de consulta: 09 de octubre de 2020].

Disponible en <https://earthsciencespakistan.com/esp-01-2019-23-28/>

ISSN: 2521 – 2907

SILUPÚ, Carmen [et al]. Caracterización de filtros comerciales para agua a base de carbón activado para el tratamiento de agua del río Tumbes – Perú. *Revista Colombiana de Química* [en línea]. Enero – septiembre 2017, v. 46, n.º 3. [Fecha de consulta: 09 de noviembre de 2020].

Disponible en <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rcolquim/article/view/62146>

ISSN: 2357 – 3791

SINAL, Johari. Genealogy of water [en línea]. Singapur: Partridge Publishing Singapore, 2017 [fecha de consulta: 30 de septiembre de 2020]. Capítulo 8. Conventional raw water treatment plant process.

Disponible

en:

<https://books.google.com.pe/books?id=uGszDwAAQBAJ&lpg=PT41&dq=raw%20water&pg=PP1#v=onepage&q=raw%20water&f=false>

ISBN: 9781482883060

SOLÍS, Yuliana, ZÚÑIGA, Luis y MORA, Darner. La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha* [en línea]. Enero – marzo 2018, v. 31. [Fecha de consulta: 06 de octubre de 2020].

Disponible en https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0379-39822018000100035&lang=es

ISSN: 0379 – 3982

TORRES, Camilo [et al]. Agua segura para comunidades rurales a partir de un sistema alternativo de filtración. *Revista de Salud Pública* [en línea]. Julio – agosto 2017, v. 19, n.º 4. [Fecha de consulta: 03 de octubre de 2020].

Disponible

en

<https://revistas.unal.edu.co/index.php/revsaludpublica/article/view/56039>

ISSN: 2539 – 3596

TORRES, Juan [et al]. Tracking nitrate and sulfate sources in groundwater of an urbanized valley using a multi-tracer approach combined with a Bayesian isotope mixing model. *Water research* [en línea]. Septiembre 2020, v. 182. [Fecha de consulta: 19 de abril de 2021].

Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135420304991>
ISSN: 0043 - 1354

VILLENA, Jorge. Calidad del agua y desarrollo sostenible. *Rev. Perú Med Exp Salud Pública* [en línea]. Abril – junio 2018, v. 35, n.º 2. [Fecha de consulta: 06 de octubre 2020].

Disponible en <https://www.scielo.org/article/rpmesp/2018.v35n2/304-308/es/>
ISSN: 1726 – 4642

WALTER, J. y WEBER, Jr. Control de la calidad del agua: Procesos fisicoquímicos [en línea]. Barcelona: Reverte, 2021 [fecha de consulta: 25 de septiembre de 2020]. Capítulo 4. Filtración.

Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=S9MfEAAQBAJ&lpg=PR1&dq=Control%20de%20la%20calidad%20del%20agua%3A%20Procesos%20fisicoqu%C3%ADmicos&hl=es&pg=PR1#v=onepage&q=Control%20de%20la%20calidad%20del%20agua:%20Procesos%20fisicoqu%C3%ADmicos&f=false>
ISBN: 9788429191998

YANG, Huichen [et al]. Designing the next generation of Fe^0 – based filters for decentralized safe drinking water treatment: A conceptual framework. *Processes* [en línea]. Mayo – junio 2020, v. 8, n.º 6. [Fecha de consulta: 01 de octubre de 2020].

Disponible en <https://www.mdpi.com/2227-9717/8/6/745>
ISSN: 2227 – 9717

ZHOU, Huiyu. Material engineering and mechanical engineering [en línea]. China: World Scientific, 2016 [fecha de consulta: 26 de septiembre de 2020]. Capítulo 1. Basic mechanics and research methods.

Disponible

en:

<https://books.google.com.pe/books?id=VWC2DAAAQBAJ&lpg=PA271&dq=activated%20carbon%20filters%20to%20purify%20water&pg=PP1#v=onepage&q=activated%20carbon%20filters%20to%20purify%20water&f=false>

ISBN: 9789814759694

ANEXOS

Anexo 01. RESOLUCIÓN DE CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL N° 0084-2021-UCV-VA-P15-F02/



RESOLUCIÓN DE CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL N° 0084-2021-UCV-VA-P15-F02/

Chiclayo, 03 de mayo de 2021

VISTO:

El informe del asesor Dr. José Elías Ponce Ayala sobre el registro de investigaciones presentado a la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo – Campus Chiclayo, el cual solicita se emita la Resolución de Aprobación de Proyecto de Investigación, y:

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 31° del Reglamento de Investigación señala: SE ENTIENDE POR PROYECTO DE INVESTIGACIÓN EL PLAN QUE PRESENTA LA ELABORACIÓN SISTEMÁTICA DE UN PROBLEMA CIENTÍFICO CON UNA ESTRUCTURA TEÓRICA METODOLÓGICA EN LA CUAL SE DEFINE CLARAMENTE LOS COMPONENTES CIENTÍFICOS Y ADMINISTRATIVOS A PARTIR DE LOS CUALES SE PUEDE EVALUAR LA CALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.

Que, en el artículo 6° del Reglamento de Investigación en su Capítulo I, señala: LAS INVESTIGACIONES QUE PUEDAN DESARROLLAR LAS FACULTADES DEBERÁN OBSERVAR LAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN ESTABLECIDAS POR LAS UNIDADES ACADÉMICAS ADSCRITAS A LA MISMA.

Que, el alumno (a) Romero Velasquez de Chicana Sheily Pahola y Chumán Perales César Junior Leveo, han sustentado ante el (la) docente Dr. José Elías Ponce Ayala, obteniendo nota aprobatoria y ha cumplido con los requisitos establecidos por la Ley Universitaria N° 30220 y el Reglamento de Investigación: Estando a lo expuesto y en uso de las atribuciones conferidas.

SE RESUELVE:

ARTÍCULO 1°: APROBAR el Proyecto de Investigación titulado **Propuesta de un sistema de tratamiento utilizando filtros para mejorar la calidad del agua en el C.P.M. Mamape - Ferreñafe.**, cuya Línea de Investigación es: **Calidad y gestión de los recursos naturales**, a cargo del (la) Bachiller **Romero Velasquez de Chicana Sheily Pahola y Chumán Perales César Junior Leveo** de la Escuela Profesional de Ing. Ambiental – del Pregrado regular de la Universidad César Vallejo – Campus Chiclayo.

ARTÍCULO 2°: DESIGNAR como docente asesor al **Dr. José Elías Ponce Ayala**, del proyecto de investigación mencionado en el Artículo Primero.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE.



CC: DI, Programa Académico, Archivo.

Anexo 02. *Instrumento de recolección de datos*

Guía de observación de campo	
Responsables:	Chumán Perales, César Junior Leveo Romero Velasquez de Chicana, Sheily Pahola
Clasificación del cuerpo de agua:	Agua subterránea
Finalidad de la evaluación:	Determinar calidad del agua
Informe de ensayo fisicoquímico:	pH ácido, niveles elevados de turbidez, CE, STD, cloruros, sulfatos, dureza, Al, Cu, Zn y Na.
Informe de ensayo microbiológico:	No hay presencia de microorganismos.
Localidad:	Centro Poblado Menor Mamape
Distrito:	Manuel Antonio Mesones Muro
Provincia:	Ferreñafe
Departamento:	Lambayeque
Accesibilidad:	Camino carrozable
Coordenadas	
Norte/Latitud:	6° 39' 33.8" S (-6.65937641000)
Sur/Longitud:	79° 45' 8.5" W (-79.75236439000)
Zona:	UTC-5 (Uso Horario)
Altitud:	52 msnm

Fuente: Elaboración propia

Anexo 03. Resultado del análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos realizados por el laboratorio Microservilab



**LABORATORIO DE ENSAYO
"MICROSERVILAB"
LAMBAYEQUE – PERÚ**

INFORME DE ENSAYO N° 209 – 2021



I. DATOS DE LOS SOLICITANTES:

Apellidos y nombres: -Chumán Perales, César Junior Leveo
-Romero Velasquez de Chicana, Sheily Pahola

II. TESIS:
"Propuesta de un sistema de tratamiento utilizando filtros para mejorar la calidad del agua en el C. P. M. Mamape-Ferreñafe"

III. DATOS DE LA MUESTRA

Nombre: Agua subterránea
Código: 01
Forma de presentación: Botella hermética
Estado del envase: Bueno
Naturaleza del envase: Vidrio
Procedencia: Centro Poblado Menor Mamape - Ferreñafe
Llegada al laboratorio: 28 – 04 – 2021
Fecha de análisis: 28 – 04 – 2021

IV. TIPO DE ANALISIS
Microbiológicos – Fisicoquímicos

V. DOCUMENTO NORMATIVO
D. S. N° 031 – 2010 – SA. (Reglamento de la Calidad del Agua para para Consumo Humano)

VI. RESULTADO DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Parámetros Microbiológicos		
Parámetros	Unidad	Resultados
Bacterias coliformes totales	UFC/100 mL a 35 °C	0
<i>Escherichia coli</i>	UFC/100 mL a 45,5 °C	0
Bacterias coliformes termotolerantes o fecales	UFC/100 mL a 45,5 °C	0

LMP: Límite Máximo Permissible

Correo: microservilab@hotmail.com



**LABORATORIO DE ENSAYO
"MICROSERVILAB"
LAMBAYEQUE – PERÚ**

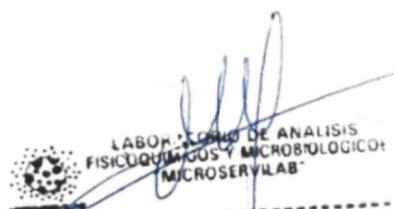


VII. RESULTADO DEL ANÁLISIS FISIQUÍMICO

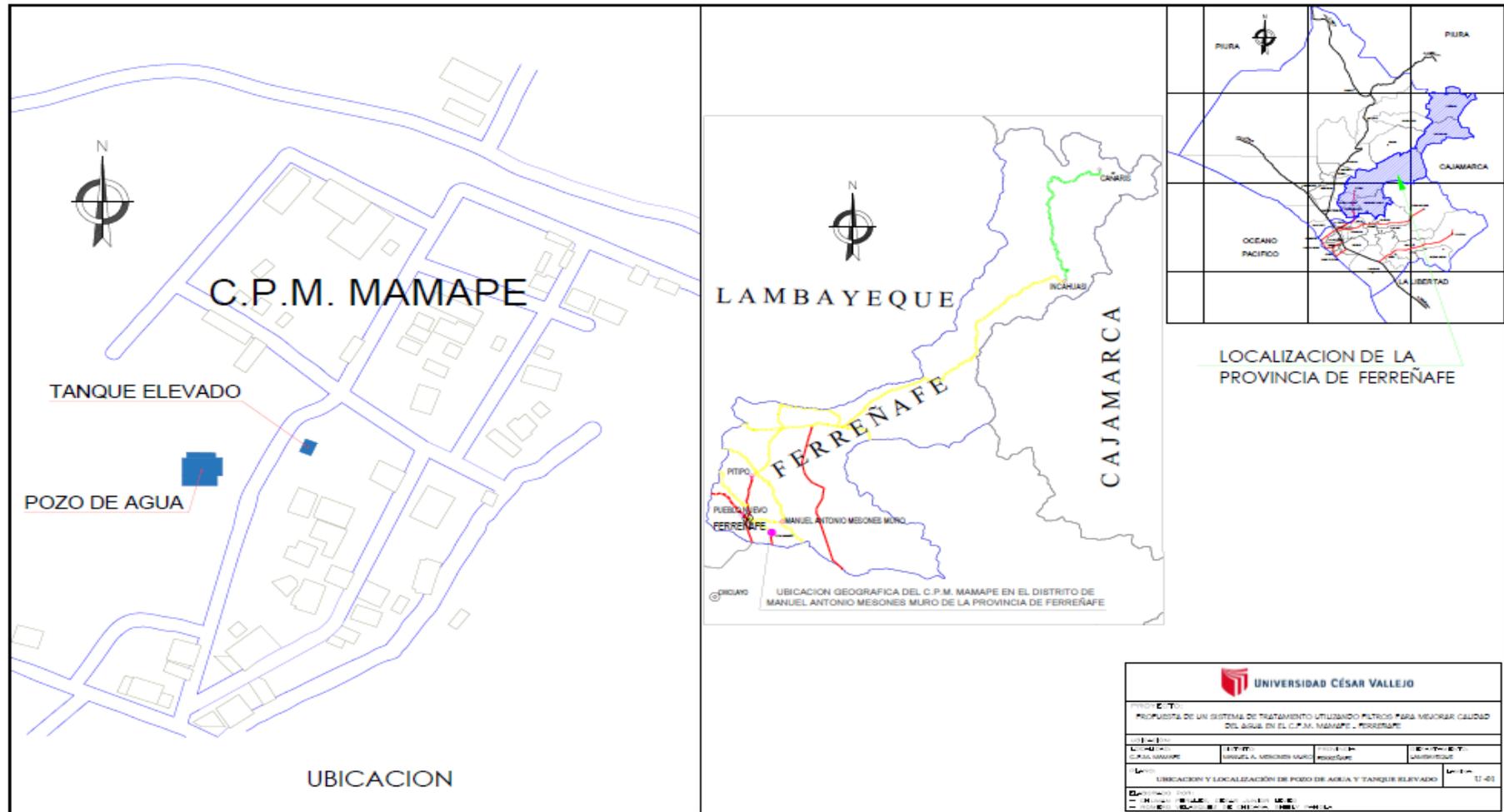
Parámetros Físicoquímicos

Parámetros	Unidad	Resultados
Olor	---	no tolerable
Sabor	---	no tolerable
Color	UCV escala Pt/Co	11
Turbidez	UNT	4.7
pH	Valor de pH	6.7
Conductividad eléctrica	(μ S/cm)	756
Sólidos totales disueltos	mg/L	624
Cloruros	mg/L	244.92
Sulfatos	mg/L	98
Dureza total	mg/L	282
Amoniaco	mg/L	0
Hierro	mg/L	0
Manganeso	mg/L	0
Aluminio	mg/L	0.1
Cobre	mg/L	1
Zinc	mg/L	0.1
Sodio	mg/L	95

LMP: Límite Máximo Permissible

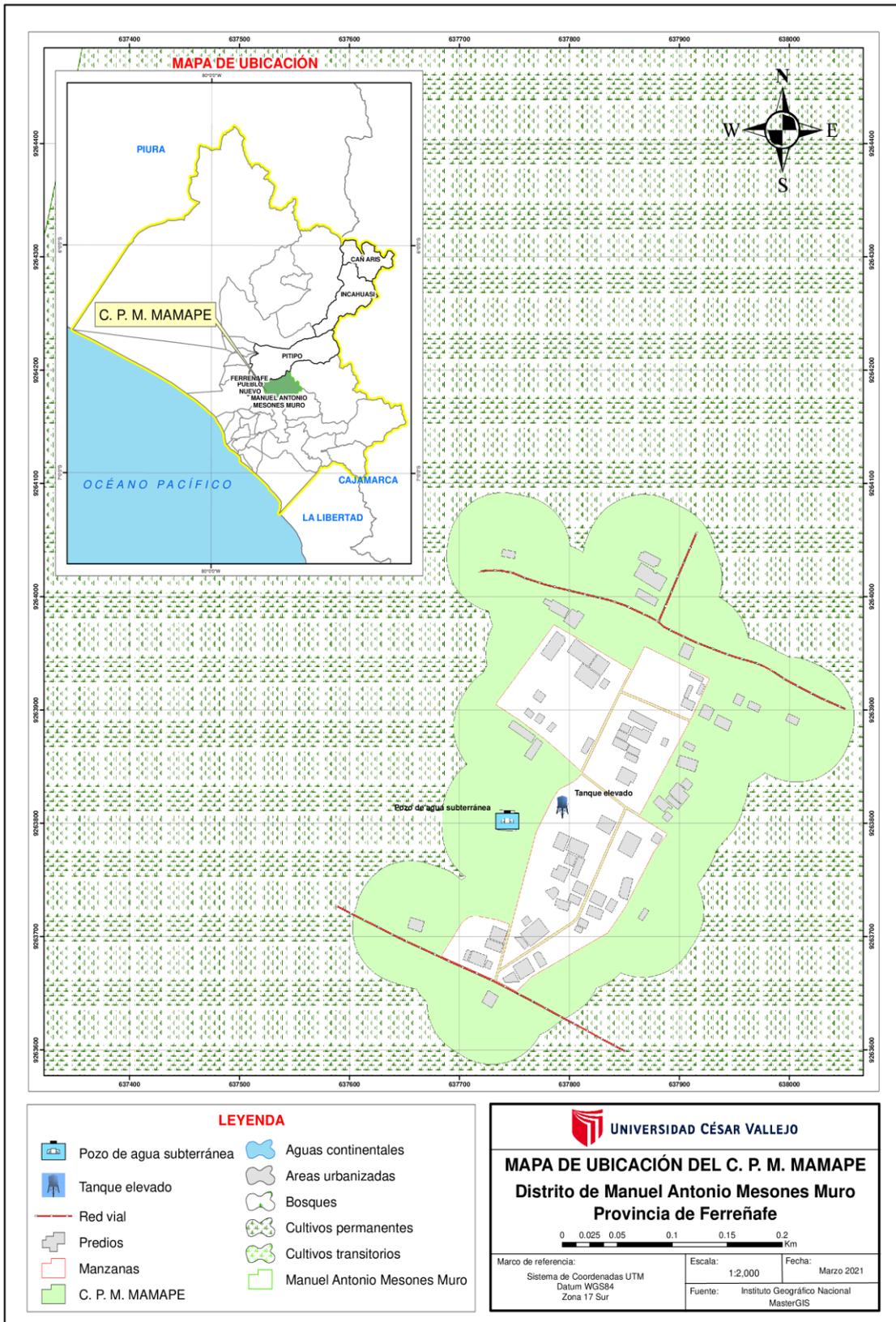

LABORATORIO DE ANÁLISIS
FISIQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO
"MICROSERVILAB"
Big. Fernando G. Chafique Capuñay
Gerente General

Anexo 04. Ubicación y localización del pozo de agua y tanque elevado en el C. P. M. MAMAPE



Fuente: Elaboración propia

Anexo 05. Mapa de ubicación del C. P. M. Mamape



Fuente: Elaboración propia