

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE
INGENIERIA AMBIENTAL



T E S I S

**“CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LAS AGUAS
RESIDUALES DEL LAVADO DE LOS FILTROS DE LA PLANTA
DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE CABRITOPAMPA,
DISTRITO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO;
PARA GENERAR UNA BASE DE DATOS, DESDE
JULIO A OCTUBRE - 2018”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERA AMBIENTAL**

TESISTA

Bach. Sara Victoria, ESPINOZA ALVAREZ

ASESOR

Ing. Heberto, CALVO TRUJILLO

HUÁNUCO - PERÚ

2018



UNIVERSIDAD DE HUANUCO

Facultad de Ingeniería

E.A.P. DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) AMBIENTAL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 15:30 horas del día 28 del mes de NOVIEMBRE del año 2018, en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

MG. SIMEÓN EDMUNDO CALIXTO VAREAS (Presidente)

MG. FRANK ERICK CAMARA LLANOS (Secretario)

MG. JOHNNY PRUDENCIO TACHA ROJAS (Vocal)

Nombrados mediante la Resolución N° 1102-2018-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada:

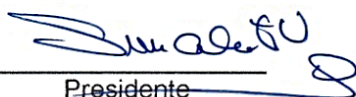
"CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL LAVADO DE LOS FILTROS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE CABRITO PAMPA, DISTRITO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUANUCO, PARN. GENERAR UNA BASE DE DATOS, DESDE JULIO A OCTUBRE - 2018"

presentada por el (la) Bachiller SARA VICTORIA ESPINOZA ALVAREZ, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: precediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo (a) APROBADO por UNANIMIDAD con el calificativo cuantitativo de 15 y cualitativo de BUENO (Art. 47)

Siendo las 16:30 horas del día 28 del mes de NOVIEMBRE del año 2018, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.


Presidente


Secretario


Vocal

DEDICATORIA

A mi madre Luisa, digno ejemplo de trabajo que, con mucho esfuerzo y demasiado amor, siempre me guio en mi formación personal y profesional. Ha sido, es y será siempre el pilar que me sostiene para cumplir mis objetivos.

AGRADECIMIENTO

A mi hermano Víctor y tío César, por apoyarme con paciencia, sabiduría, buen ánimo y buenos consejos para la iniciación y termino de esta investigación.

A la Universidad de Huánuco y trabajadores del mismo, en especial a los docentes de la E.A.P de Ingeniería Ambiental.

A mi asesor el Ing. Heberto Calvo, por su importante conocimiento, sugerencias y tiempo dedicado en todo el proceso.

A mis jurados, por sus observaciones bien dictadas y continuar con la guía en el desarrollo de esta investigación.

A la empresa SEDA Huánuco S.A. por todos los servicios e instalaciones prestadas y al personal de la Planta de tratamiento de agua potable “Cabritopampa”, por su activa colaboración y asistencia durante este proceso para culminarlo.

Y, a todas las personas que colaboraron de una y otra forma.

A todos Uds., muchas gracias.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
INDICE	iv
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
INTRODUCCIÓN	x
CAPÍTULO I	1
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Descripción del problema	1
1.2. Formulación del problema	2
1.3. Objetivo general	3
1.4. Objetivos específicos	3
1.5. Justificación de la investigación	3
1.6. Limitaciones de la investigación	4
1.7. Viabilidad de la investigación	4
CAPÍTULO II	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes de la investigación	5
2.2. Bases teóricas	9
2.3. Definiciones conceptuales	63
2.4. Hipótesis	67
2.5. Variables	67
2.5.1. Variable Independiente	67
2.5.2. Variable Dependiente	67
2.6. Operacionalización de variables	67
CAPÍTULO III	69
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	69
3.1. Tipo de Investigación	69
3.1.1. Enfoque	69
3.1.2. Nivel de investigación	69
3.1.3. Diseño de investigación	70
3.2. Población y muestra	70
3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos de la investigación	71
3.3.1. Técnicas	71
3.3.2. Instrumento	73

3.4. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información	74
CAPÍTULO IV	75
RESULTADOS	75
4.1. Procesamiento de datos	75
4.2. Contratación y prueba de hipótesis	97
CAPÍTULO V	99
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	99
CONCLUSIONES	105
RECOMENDACIONES	107
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108
ANEXOS	111
ANEXO N° 1 – APROBACIÓN DEL PROYECTO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	112
ANEXO N° 2 – RESOLUCIÓN DE NOMBRAMIENTO DE ASESOR	113
ANEXO N° 3 - MATRIZ DE CONSISTENCIA	114
ANEXO N° 4 - FICHA DE CAMPO	115
ANEXO N° 5 - PANEL FOTOGRÁFICO	116
ANEXO N° 6. DOCUMENTO EMITIDO POR LA INSTITUCIÓN QUE ACREDITA LA APLICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	123

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Tamaño de las partículas en el agua. _____	17
Tabla 2. Aplicaciones, ventajas y desventajas de los sedimentadores estáticos. ____	28
Tabla 3. Valores normales de materiales filtrantes. _____	36
Tabla 4. Cloro y sus derivados. _____	49
Tabla 5. Operacionalización de variables. _____	68
Tabla 6. Resultados de los análisis de las aguas de abastecimiento de la planta de tratamiento de agua potable Cabritopampa. _____	76
Tabla 7. Promedio de los resultados de los análisis del agua de abastecimiento de la Planta de Tratamiento Cabritopampa. _____	77
Tabla 8. Resultados de los análisis de las aguas residuales de lavado de filtros de la Planta de Tratamiento (Módulo) N° 1. _____	79
Tabla 9. Promedio de los resultados de los análisis de las aguas residuales de lavado de filtros de la PTAP (Módulo) N°1. _____	80
Tabla 10. Resultados de los análisis de las aguas residuales de lavado de filtros de la Planta de Tratamiento (Módulo) N° 2. _____	82
Tabla 11. Promedio de los resultados de los análisis de las aguas residuales de lavado de filtros de la PTAP (Módulo) N° 2. _____	83
Tabla 12. Promedio total de los resultados de los análisis de las aguas residuales de lavado de filtros de la PTAP Cabritopampa. _____	84
Tabla 13. Promedio de PH de ambos módulos. _____	86
Tabla 14. Análisis de varianza de pH _____	87
Tabla 15. Promedio de Temperatura de ambos módulos. _____	87
Tabla 16. Análisis de varianza de Temperatura. _____	88
Tabla 17. Promedio de Turbidez de ambos módulos. _____	88
Tabla 18. Análisis de varianza de Turbidez. _____	89
Tabla 19. Promedio de Conductividad de ambos módulos. _____	90
Tabla 20. Análisis de varianza de Conductividad. _____	90
Tabla 21. Promedio de Sólidos totales en suspensión de ambos módulos. _____	91
Tabla 22. Análisis de varianza de Sólidos totales en suspensión. _____	92
Tabla 23. Promedio de Aluminio de ambos módulos. _____	92
Tabla 24. Análisis de varianza de Aluminio _____	93
Tabla 25. Promedio de Sulfato de ambos módulos. _____	94
Tabla 26. Análisis de varianza de Sulfato. _____	95
Tabla 27. Promedio de Hierro de ambos módulos. _____	95
Tabla 28. Análisis de varianza de Hierro. _____	96
Tabla 29. Prueba t para medias de dos muestras de pH _____	97
Tabla 30. Análisis de Varianza de pH _____	97
Tabla 31. Contrastación de prueba de hipótesis. _____	98

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de coagulación.....	18
Figura 2. Formación de flóculos.....	22
Figura 3. Mecanismo de filtración con lecho de arena.....	33
Figura 4. Diagrama de lavado de filtro con flujo ascendente.	40
Figura 5. Diagrama difusor de ozono de turbina.....	51
Figura 6. Diagrama equipo de radiación UV con lámpara sumergida.	54

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Resultados de los análisis del agua de abastecimiento de la Planta de Tratamiento Cabritopampa.	77
Gráfico 2. Promedio de los resultados de los análisis de las aguas residuales de lavado de filtros de la PTAP (Módulo) N°1.	80
Gráfico 3. Promedio de los resultados de los análisis de las aguas residuales de lavado de filtros de la PTAP (Módulo) N° 2.	83
Gráfico 4. Promedio total de los resultados de los análisis de las aguas residuales de lavado de filtros de la PTAP Cabritopampa.	85
Gráfico 5. Promedio de PH de ambos módulos	86
Gráfico 6. Promedio de Temperatura de ambos módulos.	87
Gráfico 7. Promedio de Turbidez de ambos módulos.	89
Gráfico 8. Promedio de Conductividad de ambos módulos.	90
Gráfico 9. Promedio de Sólidos totales en suspensión de ambos módulos.	91
Gráfico 10. Promedio de Aluminio de ambos módulos.	93
Gráfico 11. Promedio de Sulfato de ambos módulos.	94
Gráfico 12. Promedio de Hierro de ambos módulos.	96

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la planta de tratamiento de agua potable Cabritopampa, Distrito, Provincia y Departamento de Huánuco desde julio a octubre - 2018, y tuvo como objetivo general, realizar la caracterización fisicoquímica de las aguas residuales del lavado de los filtros de la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) Cabritopampa para generar una base de datos.

Para lograr dicho objetivo; se tomaron muestras compuestas de cada filtro de la PTAP Cabritopampa, 4 de un módulo (PTAP N°1) y 4 del otro módulo (PTAP N°2), siendo un total de 8 muestras compuestas (8 filtros), para posteriormente ser analizados de los siguientes parámetros en el laboratorio: Conductividad, pH, temperatura, turbiedad, STS, sulfatos, cloruros, aluminio y hierro. Terminado el proceso, los análisis mostraron concentraciones promedios de 164.2 mg/L de (STS), 6.69 mg/L de Aluminio, 18.5 mg/L de Sulfato, 1.39 mg/L de Hierro, 7.86 de pH, 16.1°C de temperatura, 104.6 UNT de turbidez y 146.5 $\mu\text{S/cm}$ de conductividad, indicándose así la calidad de las aguas residuales desechados, llegándose a la conclusión que efectivamente, estos datos sí nos permitieron crear una base de datos lo suficientemente rica en información.

El tipo de estudio fue descriptivo, utilizándose un diseño cuasi experimental exploratorio transversal, las variables independiente y dependiente fueron las aguas residuales del lavado de los filtros y la generación de la base de datos respectivamente, y se efectuó el método de análisis de varianza para hacer comparaciones entre los resultados de los parámetros fisicoquímicos de las muestras de ambas PTAPs (módulo) N°1 y N°2.

Palabras clave: Parámetros, Sólidos totales en suspensión (STS), Planta de tratamiento de agua potable (PTAP).

ABSTRACT

The present investigation work was carried out in the drinking water treatment plant Cabritopampa, District, Province and Department of Huánuco, from July to October -2018 and had as a general objective, to carry out the physicochemical characterization of wastewater from washing filters of the drinking water treatment plant (DWTP) Cabritopampa to generate a database.

To achieve this objective, composite samples were taken from each filters of DWTP Cabritopampa, 4 of a module (DWTP N°1) and 4 of the other module (DWTP N°2), whit a total of 8 composite samples, to later be analyzed for the following parameters in the laboratory: Conductivity, ph, Temperature, Turbidity, TSS, Sulfates, Chlorides, Aluminum and Iron. Finished the process, the analyzes showed average concentrations of 164.2 mg/L of (TSS), 6.69 mg/L of Aluminum, 18.5 mg/L of Sulfate, 1.39 mg/L of Iron, 7.86 of pH, 16.1°C of Temperature, 104.6 UNT of Turbidity and 146.5 μ S/cm of Conductivity; indicating the quality of wastewater discarded, reaching the conclusion that effectively, this data allowed us to create database rich enough in information.

The type of study was descriptive, using a transverse exploratory quasi-experimental design. The independent and dependent variables were the wastewater from the washing of the filters and the generation of the database respectively. The variance analysis method was also used to make comparisons between the results of the parameters of the samples of each DTWP (modules) N°1 y N°2.

Key words: Parameters, Total suspended solids (TSS), drinking water treatment plant (DWTP).

INTRODUCCIÓN

Las plantas de tratamiento de agua potable (PTAP) están destinadas a producir agua de buena calidad para el consumo humano a partir del agua cruda captada (superficial o subterránea), pero en los procesos de tratamiento se generan aguas residuales (García, 2014) provenientes del lavado de sedimentadores o filtros, que pueden llegar a ser una fuente de contaminación si son desechados a un cuerpo receptor sin conocer las características de los componentes que lo conforman (Ramírez, 2008).

Esta investigación tiene como objetivo realizar la caracterización de las aguas residuales del lavado de los filtros de la PTAP Cabritopampa, y ver en qué medida estas aguas puedan ser aprovechadas, ya que provienen de los lodos impregnados en los filtros. Los resultados nos permitirán tener una base de datos que puedan servir como fuente de referencia a futuras investigaciones.

Se tomó una serie de muestras que fueron analizadas en el laboratorio mediante la técnica de análisis colorimétricos y volumétricos.

Debido a que la operación de lavado de filtros se realiza cada 24 horas, se desecha una cantidad considerable de material retenido y los resultados nos demuestran que las aguas resultantes del lavado son neutras, estas pueden servir como insumos para equilibrar el pH en suelos ácidos, esto justifica la investigación.

Para refrendar la investigación, se tuvo serias limitantes referente a la información secundaria ya que no existen investigaciones a nivel nacional y tampoco local; siendo esta investigación la primera a nivel nacional. Los resultados obtenidos se procesaron en la base de datos creada y se prosiguió a la realización de las conclusiones.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción del problema

A nivel internacional, las plantas de potabilización producen agua de buena calidad a partir de agua cruda captada de cualquier fuente, pero en su proceso de tratamiento generan efluentes contaminantes (García, 2014), los cuales generalmente, se considera que solo están conformados por sustancias típicas que se encuentran en las aguas captadas, tales como las arcillas, los limos y las arenas finas. Sin embargo, se debe considerar también los residuos de los insumos químicos que se añaden en la coagulación, y junto a ellos considerar la materia orgánica e inorgánica del agua cruda (Martínez, 2012), que pueden llegar a ser una fuente de contaminación si son desechados a un cuerpo receptor sin conocer las características de los componentes que lo conforman (Ramírez, 2008). Países como Colombia son importantes generadores de investigaciones acerca de la calidad de estos residuos de tratamiento y reúso demostrando antecedentes.

A nivel nacional y local, la actividad principal también se enfoca en obtener una óptima calidad de agua para su posterior distribución de la misma a la población, pero el manejo, tratamiento y disposición final de dichos lodos (residuos) es un problema importante que hasta el momento no se ha prestado atención para ser resuelto (Salazar y Rondán, 2014); debido a, según (Martínez, 2012), que no existen suficientes estudios sobre la generación de estos residuos en nuestro

medio, ni una amplia evaluación de su calidad en función de los diferentes sistemas de potabilización utilizadas.

Por tal motivo, dichos residuos deben ser tratados, ver la posterior disposición adecuada de sus sólidos y/o plantear alternativas de reaprovechamiento de las mismas mencionados en el ANEXO IV. RM. N°- 128- 2017- VIVIENDA; pero para ello, primero se debe conocer las características físicas y químicas de estas aguas residuales para determinar el método o acción más apropiada.

En tal sentido, podemos entender que estos efluentes poseen una gran cantidad de componentes que son necesarios y me motivaron a caracterizar para evaluar la calidad de estas, generar una base de datos a partir de los resultados y representar una fuente de información primaria para futuras investigaciones.

Cabe resaltar que esta investigación se limitó a las aguas residuales del lavado de los filtros de la PTAP Cabritopampa, por tener una frecuencia de lavado mayor que el de los sedimentadores.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

- ¿Los parámetros fisicoquímicos obtenidos del proceso de caracterización de las aguas residuales del lavado de los filtros de la planta de tratamiento de agua potable Cabritopampa nos permitirá generar una base de datos?

1.2.2. Problemas específicos

- Los parámetros fisicoquímicos obtenidos de las aguas de abastecimiento nos permitirán generar una base de datos.
- Los parámetros fisicoquímicos obtenidos de las aguas residuales provenientes del lavado de los filtros, nos permitirá generar una base de datos.
- Los resultados de los parámetros fisicoquímicos de las aguas de abastecimiento y de las aguas residuales de los filtros, nos permitirá tener una base de datos.

1.3. Objetivo general

- Realizar la caracterización fisicoquímica de las aguas residuales del lavado de los filtros de la planta de tratamiento de agua potable Cabritopampa para generar una base de datos.

1.4. Objetivos específicos

- Determinar los parámetros fisicoquímicos de las aguas de abastecimiento.
- Desarrollar la caracterización fisicoquímica de las aguas residuales del lavado de filtros.
- Crear la base de datos de los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales de los filtros para futuras investigaciones.

1.5. Justificación de la investigación

Desde el punto de vista teórico, al no contar con estudios suficientes en el ámbito nacional y local sobre la evaluación de la calidad de las aguas residuales provenientes del lavado de los filtros de una PTAP, ni la generación de información al respecto, mas sí con información del

ámbito internacional, ésta investigación se justificó ya que a partir de la realización de la misma, se generaron datos para la construcción de una línea base con información fácilmente aprovechable para futuras investigaciones. Asimismo, desde un punto de vista metodológico, se justificó que a través de esta investigación se estableció un protocolo inicial para su posterior mejora de la toma de muestras de las aguas residuales del lavado de los filtros de la empresa SEDA Huánuco S.A. ya que no contaba con uno.

1.6. Limitaciones de la investigación

Contar con poca información nacional y local, datos y estudios referidos a la caracterización de las aguas residuales generadas con el lavado de filtros de una planta de tratamiento de agua potable. Además de la falta de normativas específicas, protocolos de monitoreo que regulen el manejo de las aguas residuales originadas en las plantas de tratamiento de agua potable en el país.

1.7. Viabilidad de la investigación

Tomando en consideración la información revisada y obtenida de datos secundarios, esta se sustenta desde el punto de vista teórico en algunas investigaciones realizadas internacionalmente, mas no a nivel nacional ni local. Asimismo, desde un punto de vista práctico y metodológico, se tomaron en cuenta el protocolo de toma de muestra de agua de abastecimiento y el protocolo de laboratorio que sigue la empresa SEDA Huánuco S.A. para analizar los parámetros fisicoquímicos que se identificaron en las muestras de aguas residuales.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Espejel (2007), elaboró la tesis “Valoración de lodos generados en plantas potabilizadoras para elaborar productos cerámicos” para optar por el grado de maestro en ingeniería ambiental en la Universidad de Autónoma de México, en el que determinó la factibilidad del uso de los lodos proveniente de la Planta potabilizadora “Los Berros” y usarlos como materia prima para la elaboración de productos cerámicos bajo condiciones óptimas.

Teniendo como resultado mediante la caracterización, lodos excelentes para el uso como materia prima para la elaboración de productos cerámicos y ladrillos, con un alto contenido de aluminio y hierro debido a la adición de estos en el proceso de coagulación con valores de 82,336.33 mg/kg y 142.17 mg/kg respectivamente, óxidos de sílice en un 19.58%, óxidos de aluminio en un 33% y óxidos de hierro en un 3.34% en épocas de estiaje.

Martínez (2010), elaboró la tesis “Evaluación económica de la recirculación de aguas de lavado proveniente de las unidades de filtración rápida de la planta de potabilización manantiales” para optar al título de Especialista en Manejo y Gestión del Agua en

la Universidad de Antioquia de Colombia; en donde menciona que la recirculación del agua de lavado proveniente de los filtros a una estructura o tubería antes de la coagulación, es una de las mejores opciones que se tiene de solución desde el punto de vista ingenieril para evitar el vertimiento y contaminación de las fuentes superficiales, reducir la captación de agua cruda que puede ser fundamental en zonas desérticas y/o de pocas fuentes aptas para consumo humano y disminuir las tasas retributivas por descargas de estas aguas a un cuerpo de agua natural.

Y, que para ello fue necesario considerar ciertos datos previos, una de ellas la caracterización del agua de lavado de los filtros, determinando los parámetros de color, turbiedad, sólidos suspendidos, DBO5 y pH, teniendo como resultado que el parámetro que mayor impacto genera en las aguas recirculadas para la planta de potabilización es el de STS con unas concentraciones en promedio 926.92 mg/l en todo el año de 2009, concentraciones mucho mayores que las del DBO5 que obtuvo una concentración máxima de 57 mg/l. Teniendo en cuenta que el caudal de agua recibida en dicha planta es de 6000L/s ($518.400 \text{ m}^3 / \text{d}$).

Martínez (2012), elaboró la tesis “Estudio para el tratamiento, manejo y disposición final de lodos generados en plantas de tratamiento de agua potable” para optar al título de ingeniero ambiental en la Escuela Politécnica Profesional de Quito-

Ecuador, en él se indicó que para llegar al objetivo de su investigación, previamente a través de GRUNTEC se realizó la caracterización de los residuos generados tanto de los filtros como de su sedimentador y ellos los comparó con la normativa de ese país respecto a los LMP de descargas de efluentes al alcantarillado y a cuerpos de agua dulce, LIBRO VI, ANEXO 1 TULAS hoy en día TULSMA. Al finalizar la investigación, se obtuvieron resultados con base a los análisis de laboratorio de las muestras de los 2 filtros con la que cuenta la EPMAPS (Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito), de esta manera, los valores promedios fueron: 277.5 mg/L de STS, 132.61 mg/L de Al, 174.76 mg/L de Sulfato, 41.5mg/L de DQO, entre otros; mientras que los valores del sedimentador fueron muy superiores en comparación de los filtros, teniendo como ejemplo los 5545.60 mg/L de Al y los 7390.40 mg/L de Sulfato, entre otros. Al compararlos con la normativa ya mencionada, se llegó a entender que los resultados sobrepasaron los valores establecidos en la norma.

García (2014), elaboró la tesis “Tratamiento de efluentes para la planta de potabilización Los Cuervos” para optar al título de Magister en Ingeniería Ambiental en la Universidad Nacional de Colombia; en él evaluó alternativas de tratamientos a los efluentes generados en la PTAP Los Cuervos y, para cumplir el objetivo de su investigación, previamente fue necesario realizar la caracterización de los efluentes producidos en el lavado de los

filtros y sedimentadores. Al finalizar la investigación, tuvo como resultado de los efluentes de los filtros, lo que él los nombra como “lodos livianos”, valores de 10Mg/L de Al, 262mg/L de STS, 150.1 us/cm de conductividad, 8.4 de pH y 198 UNT de Turbiedad. Mientras que, para los sedimentadores, valores de 2000Mg/L de Al, 10110mg/L de STS, 185.7 us/cm de conductividad, 7.1 de pH y 1938.0 UNT de Turbiedad.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Salazar y Rondán (2014), elaboraron la tesis “Uso de lodos generados en los decantadores de una planta de tratamiento de agua potable como materia prima para la elaboración de ladrillos de construcción” para optar al título de Ingenieros Químicos en la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa; donde se realizó la caracterización fisicoquímica promedio del lodo proveniente de los tres decantadores de la planta de tratamiento de agua potable, y se observó que la concentración de Aluminio es de 2412 mg/L, sobrepasando los valores máximos admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domesticas en el sistema de alcantarillado sanitario D.S N° 021 – 2009 – VIVIENDA, siendo su máximo valor de 10 mg/L y también supera los 5 mg/L requeridos en el D.S. 002-2008 MINAM. Por otro lado, se determinó también una elevada presencia de Hierro con valores de 325.5 mg/L y Silicio con valores de 277 mg/L, ellos requeridos para la elaboración del ladrillo.

2.1.3. Antecedentes Locales

No se consiguió información local sobre este tema de investigación, por lo que no hay citas bibliográficas.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Plantas de tratamiento de agua potable

Una planta de tratamiento de agua potable es el conjunto de operaciones o procesos unitarios destinados a mejorar la calidad del agua cruda que, por diversas actividades humanas han provocado que sus características naturales se vean afectadas; eliminando totalmente los contaminantes microbiológicos y removiendo parcialmente los contaminantes físicos y químicos, de tal forma que como producto final se obtenga agua aceptable para el consumo humano según las normativas vigentes. (OPS/CEPIS, 2004).

2.2.1.1. Tipos de plantas de tratamiento de agua

Las plantas de tratamiento de agua pueden clasificarse, de acuerdo con el tipo de procesos que las conforman, tales como: (Vargas, 2004).

- Plantas de filtración rápida.
- Plantas de filtración lenta.

Y, por el tipo de tecnología utilizada, las plantas de filtración rápida se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Sistemas de tecnología convencional clásica o antigua.

- Sistemas convencionales de alta tasa o de tecnología CEPIS/OPS.
- Sistemas de tecnología patentada, normalmente importada de los países desarrollados.

2.2.1.1.1. Según el tipo de procesos que las conforman

1. Plantas de filtración rápida

Estas plantas se denominan así porque: (OPS/CEPIS, 2004)

- ✓ Los filtros operan con velocidades altas, entre 80 y 300 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{d}$, (de acuerdo con las características del agua, del medio filtrante y de los recursos disponibles para operar y mantener estas instalaciones).
- ✓ Los filtros, se colmatan en un lapso de 40 a 50 horas en promedio.
- ✓ Se aplica el retrolavado o lavado ascensional de la unidad durante un lapso de 5 a 15 minutos (dependiendo del tipo de sistema de lavado) para descolmatar el medio filtrante devolviéndole su porosidad inicial y reanudar la operación de la unidad.

De acuerdo con la calidad del agua por tratar, se presentan: plantas de filtración rápida completa y plantas de filtración directa.

➤ Plantas de filtración rápida completa

Estas plantas normalmente están integradas por los procesos de coagulación, sedimentación, filtración y desinfección.

Pueden tratarse aguas con color <150 UC y aguas con turbideces <1000 UNT y si excede los 1500 UNT, se debe considerar la pre sedimentación. (OPS/CEPIS, 2004).

De acuerdo con las investigaciones realizadas por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos, el filtro debe producir un efluente con una turbiedad menor o igual a 0,10 UNT para garantizar que esté libre de huevos de parásitos (Giardia, Cryptosporidium, etcétera). Para lograr esta eficiencia en la filtración, es necesario que los decantadores produzcan un agua con 2 UNT como máximo. (OPS/CEPIS, 2004).

➤ **Plantas de filtración directa**

Estas plantas están constituidas por los procesos de mezcla rápida y filtración, apropiada solo para aguas claras, aguas provenientes de embalses o represas, que operan como grandes pre sedimentadores y proporcionan aguas constantemente claras y poco contaminadas. (Vargas, 2004).

Pueden tratarse aguas con color < 25 UC y aguas con turbideces de entre 25 -30 UNT, mediante filtración directa ascendente. Y aguas con color <60 UC y turbideces <100 UNT, mediante filtración directa descendente. (OPS/CEPIS, 2004)

2. Plantas de filtración lenta

Estas plantas se denominan así porque: (Vargas, 2004).

- ✓ Operan con tasas que normalmente varían entre 0,10 y 0,30 m/h; es decir, con tasas como 100 veces menores que las tasas promedio empleadas en los filtros rápidos; de allí el nombre que tienen.
- ✓ Están constituida solo por filtros lentos, pero dependiendo de la calidad del agua puede comprender los procesos de desarenado, pre sedimentación, sedimentación, filtración gruesa o filtración en grava y filtración lenta y con esto se puede remover hasta 500 UNT, pero el material coloidal no debe ser mayor de 50 UNT; es decir, que la mayor parte de las partículas deben estar en suspensión para que sean removidas mediante métodos físicos.
- ✓ Se utilizan para la remoción de concentraciones poco elevadas de color y turbidez, sin ayuda de la coagulación.

2.2.1.1.2. Según el tipo de tecnología utilizada

1. Sistemas de tecnología convencional clásica o antigua.

Se caracteriza por la gran extensión que ocupan las unidades que la componen y, debido a ello, presentan un potencial enorme para convertirlos en sistemas convencionales de alta tasa, aunque presentan muchas deficiencias. Su capacidad se puede incrementar por lo menos en tres o cuatro veces con muy poca inversión. (OPS/CEPIS, 2004).

Actualmente la mayor parte de estos sistemas son mixtos, están constituidos por unidades hidráulicas y mecánicas, con retromezcladores, floculadores hidráulicos o mecánicos, decantadores rectangulares de flujo horizontal con tasas comprendidas entre 10 y 60 m³/m². y en algunos casos de vuelta en U, (los cuales suelen tener problemas por generarse espacios muertos) y filtros con tasas constantes de 120 m³/m²d y de nivel variable; generalmente con lecho filtrante simple (solo de arena). Estas instalaciones se caracterizan por una gran galería de tubos a través de los cuales pasa el agua filtrada, el agua para el lavado de los filtros y el desagüe del retrolavado. El agua y la carga para el retrolavado del lecho filtrante normalmente son proporcionadas por un tanque elevado, el cual es alimentado mediante una estación de bombeo desde la cisterna de aguas claras. (Vargas, 2004).

2. Sistemas convencionales de alta tasa o de tecnología CEPIS/OPS.

Este tipo de plantas de tratamiento con tecnología CEPIS, son fáciles de construir, operar y mantener, Por ello, también se la denomina tecnología apropiada para países en desarrollo. (Vargas, 2004).

Los equipos se han eliminado o reducido al mínimo en los sistemas grandes, y por ello no requiere de un programa de

mantenimiento preventivo sofisticado que sería difícil de llevar a cabo en nuestros países. Puede prescindir de energía eléctrica pues opera mediante energía hidráulica, lo que la hace más confiable. (CEPIS/OPS-HDS 52., 2000).

Las unidades son de alta tasa, ocupan una extensión que constituye el 25% o 30% del área que ocupa un sistema convencional de la misma capacidad. La reducción del área se debe al empleo de floculadores verticales que por su mayor profundidad ocupan menos área que los horizontales y permiten compactar mejor el sistema, filtros que se proyectan en baterías para ser operados con altura variable y por el principio de tasa declinante, el agua decantada filtrada (para el retrolavado y el desagüe del retrolavado) se conducen mediante canales, no tienen galerías de tubos. (Vargas, 2004).

3. Sistemas de tecnología patentada, normalmente importada de los países desarrollados.

Esta tecnología es importada de los países desarrollados (Europa y Estados Unidos) y se caracteriza por considerar gran cantidad de equipos y alto grado de complejidad en las soluciones. Son sistemas totalmente mecanizados, por lo tanto, requieren de un suministro confiable de energía eléctrica, programas de mantenimiento preventivo para los equipos, repuestos permanentes de equipos y personal

calificado para operación y mantenimiento. (OPS/CEPIS, 2004).

Estas tecnologías están normalmente integradas por unidades que integran la mezcla rápida, la floculación y la decantación (de manto de lodos de suspensión dinámica) en un solo equipo, o cuando menos la floculación y decantación. Los filtros son de tasa y altura constante, para lo cual se requiere gran cantidad de equipos e instrumentación ubicados en las galerías de tubos, la pérdida de carga, el caudal de lavado, etcétera, son accionados desde las consolas o mesas de operación. (OPS/CEPIS, 2004).

2.2.2. Descripción de los procesos de la PTAP

2.2.2.1. Coagulación

El agua puede contener una variedad de impurezas, solubles e insolubles; entre estas últimas destacan las partículas coloidales, las sustancias húmicas y los microorganismos en general. Tales impurezas coloidales presentan una carga superficial negativa, que impide que las partículas se aproximen unas a otras y que las lleva a permanecer en un medio que favorece su estabilidad. Para que estas impurezas puedan ser removidas, es preciso alterar algunas características del agua (Barrenechea, 2004), lo que se logra con la coagulación.

- **Definición**

Es un proceso de desestabilización química de las partículas coloidales, que se producen al neutralizar las fuerzas que los mantienen separados, por medio de la adición de los coagulantes químicos y la aplicación de la energía de mezclado (Andía, 2000), mediante la unidad de tratamiento llamada mezcla rápida.

- **Objetivo**

La coagulación tiene como finalidad anular las cargas eléctricas de las partículas y transformar las impurezas que se encuentran en suspensiones finas o en estado coloidal y algunas que están disueltas, en partículas que puedan ser removidas por la decantación (sedimentación) y la filtración (CEPIS, 2002). De igual manera, elimina la concentración de las materias orgánicas y los microorganismos.

En tal sentido, esta unidad está estrictamente en función de las características del agua cruda que ingresa a planta y de las partículas presentes en ella y del coagulante adicionado; por lo tanto, la remoción de las partículas coloidales depende de este proceso y la eficiencia de las demás también. Cabe resaltar que es un tratamiento que genera gastos elevados cuando no está bien realizado. (Andía, 2000).

A continuación, en la siguiente Tabla N° 1 se muestran los tamaños de las partículas presentes en el agua

Tabla 1. Tamaño de las partículas en el agua.

Diámetro de la partícula(mm)	Escala de tamaños	Tiempo requerido para sedimentar *
10	Grava	0,3 s
1	Arena gruesa	3,0 m/s
0,1	Arena fina	38,0 s
0,01	Sedimento	33,0 min
0,001	Bacteria	55,0 horas
0,0001	Partícula coloidal	230,0 días
0,00001	Partícula coloidal	6,3 años
0,000001	Partícula coloidal	63,0 años

*Cálculos basados en esferas con gravedad específica de 2,65 que sedimentan 30 cm.

Fuente: Barrenechea, (2004).

Elaboración: Propia

2.2.2.1.1. Insumos químicos utilizados

Para realizar este tipo de procesos se adicionan sales químicas en su mayoría cargadas positivamente que, desplazan los iones negativos y reducen efectivamente el tamaño de carga (Romero, 2016).

Se pueden clasificar en tres categorías: (CEPIS, 2002).

- 1. Coagulantes:** Los más usados son compuestos de aluminio o de fierro que generalmente pueden producir hidróxidos gelatinosos no solubles y absorber las impurezas.
- 2. Alcalinizantes:** cal viva (óxido de calcio), hidróxido de calcio, hidróxido de sodio (soda cáustica), carbonato de

sodio (carbonato sódico), que pueden proporcionar la alcalinidad necesaria para la coagulación.

3. Coadyuvantes de la coagulación: Ayudan a una mejor floculación, son compuestos (arcilla, sílice activada, polielectrólitos, etcétera), que se pueden convertir en partículas más densas y hacer que los flóculos sean más firmes.

En la actualidad los polielectrólitos (polímeros) son los más utilizados, debido a su menor impacto ambiental y a la calidad del floculo que producen (Romero, 2016).

Siendo los más utilizados las sales de Aluminio (Sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$) y de Hierro (Cloruro férrico $FeCl_3$ o Sulfato férrico $Fe_2(SO_4)_3$), ya que producen una serie de reacciones muy complejas donde los productos de hidrólisis son más eficaces. (Urania, 2001)



Figura 1. Proceso de coagulación.

(Fuente: Urania, 2001)

2.2.2.1.2. Algunos factores que influyen en la coagulación

- **Tipo de coagulante.**

Sales de aluminio o hierro.

- **Cantidad de coagulante.**

Hay tablas que relacionan la cantidad de coagulante con la de turbidez del agua, pero la mejor manera de saberlo es realizando los ensayos de prueba de jarra en el laboratorio.

La cantidad del coagulante a utilizar tiene influencia directa en la eficiencia de la coagulación, así: (Andía, 2000).

- Poca cantidad del coagulante, no neutraliza totalmente la carga de la partícula, la formación de los microflóculos es muy escaso; por lo tanto, la turbiedad residual es elevada.

- Alta cantidad de coagulante produce la inversión de la carga de la partícula, conduce a la formación de gran cantidad de microflóculos con tamaños muy pequeños cuyas velocidades de sedimentación son muy bajas; por lo tanto, la turbiedad residual es igualmente elevada.

- **Turbiedad.**

Dependiendo de las unidades de turbiedad que contenga el agua, existe una cantidad de coagulante óptimo.

Cuando la turbiedad del agua es muy alta, es necesario realizar la pre sedimentación. Cuando la turbiedad es alta, la coagulación es más fácil y la cantidad de coagulante usada no es mucho a diferencia de cuando la turbiedad es baja, la coagulación es mucho más difícil y se necesita igual o incluso más coagulante para que las partículas colisionen entre ellas. (Barrenechea, 2004).

- **pH.**

El rango de pH óptimo para la coagulación de aguas con color es más bajo (4-6), que para aguas con mayor turbiedad (6,5-8,5) y varía con la temperatura, pues decrece al disminuir esta. (Barrenechea, 2004).

Determinado a partir de los experimentos que se realizan, el pH óptimo depende de la naturaleza de los iones y de la alcalinidad del agua cruda.

- **Temperatura del agua.**

La coagulación es mejor cuando la temperatura es alta.

Cahill y Fitz Patrick analizaron la influencia de este factor en un grupo de plantas de Chicago y establecieron dos regiones de variaciones muy marcadas, una entre 0 y 10 °C y la segunda entre 10 y 40 °C. (Barrenechea, 2004).

Y concluyeron que, la viscosidad del agua incrementa a medida que la temperatura se acerca a 0°C, y ello dificulta la remoción de la turbiedad. (Andía, 2000).

- **Condiciones de Mezcla rápida.**

Mediante la canaleta Parshall o difusor con bomba, el coagulante debe dispersarse en toda la extensión de la masa líquida, de tal modo que la reacción se produzca instantáneamente. (Andía, 2000).

2.2.2.2. Floculación

Después de que el agua es coagulada, es necesario que se produzca la aglomeración de los microflóculos y para que esto suceda se produce la floculación.

- **Definición**

Este proceso consiste en realizar una agitación lenta a la masa coagulada para permitir el crecimiento y aglomeración de los flóculos recién formados, aumentando su tamaño y peso necesarios para sedimentar con facilidad en la siguiente etapa.

Estos flóculos inicialmente son pequeños, y luego crean al juntarse aglomerados mayores que son capaces de sedimentar (Andía, 2000).

- **Objetivo**

El objetivo principal de la floculación es reunir a las partículas desestabilizadas del proceso anterior (coagulación) y formar

partículas de mayor tamaño y peso a los que se les llaman flocs o flóculos, mediante una mezcla lenta para que sean capaces de decantarse.



Figura 2. Formación de flóculos.

(Fuente: Urania, 2001).

2.2.2.2.1. Factores que influyen en la floculación

- **La naturaleza del agua.**

La floculación tanto como la coagulación, son bastantes sensibles a las características fisicoquímicas del agua cruda, tales como la alcalinidad, el pH, la temperatura, la turbiedad, etcétera; y conocerlas ayudará a la eficacia del desarrollo de este proceso. (Urania, 2001).

- **Las variaciones de caudal.**

Si los caudales de operación de la planta de tratamiento se modifican, entonces el tiempo de retención y los gradientes de velocidad también modificarán.

El gradiente de velocidad es una medida de la intensidad de mezclado y es el cambio de velocidad que ocurre dentro del líquido. (OPS/CEPIS, 2005).

- **La intensidad de agitación.**

Para que el flóculo se forme bien, el tiempo del agua en el floculador debe ser suficiente; y eso se logra con los diferentes gradientes de velocidad (agitación). (OPS/CEPIS, 2005).

Mientras el gradiente de velocidad sea mayor, más rápida será la velocidad de aglomeración de las partículas. En caso de que el tiempo sea muy largo o la agitación sea muy fuerte o intensa, el flóculo formado se romperá; por ello, la máxima eficiencia se obtiene con un desarrollo decreciente de los gradientes. El rango de gradientes óptimos para floculación varía entre 70 y 20 rpm (CEPIS/OPS-HDS 52, 2000).

- **El tiempo de floculación.**

Bajo determinadas condiciones, existe un tiempo óptimo normalmente entre 20 y 40 minutos. Es necesario, por lo tanto, que se adopten medidas para aproximar el tiempo real de retención en el floculador, al tiempo determinado como óptimo. Una de las opciones para alcanzar este objetivo es la compartimentalización a través de la colocación de pantallas deflectoras (Urania, 2001).

2.2.2.2.2. Tipos de floculadores

De acuerdo a la forma de disipación de energía, se pueden clasificar en hidráulicos y mecánicos. (CEPIS, 2002).

1. Hidráulicos: utilizan la energía hidráulica disponible a través de una pérdida de carga general o específica.

Pueden ser de:

- Pantallas deflectoras de flujo vertical,
- Pantallas de flujo horizontal o de
- De tipo Alabama, conformadas por compartimientos donde el agua realiza un movimiento ascendente-descendente.

Estas últimas son poco comunes por su alta sensibilidad a las variaciones del caudal de operación. Con caudales muy bajos, puede anularse el trabajo de la unidad. (CEPIS, 2002).

2. Mecánicos: utilizan energía de una fuente externa, generalmente un motor eléctrico acoplado o un intercambiador de velocidades, que hace posible la variación de la intensidad de agitación de forma rápida. Estos pueden ser de diferentes tipos como son de paletas, de turbina y alternativos. (Urania, 2001).

2.2.2.3. Sedimentación

Esta etapa es un intermedio entre la coagulación, la floculación y la filtración.

- **Definición**

Es el proceso en el cual los flóculos ya formados, con tamaño y peso mayor al del agua, sedimentan por gravedad en tanques

circulares o rectangulares, obteniéndose agua clarificada en la parte superior y lodos que están formado por los flóculos, en el fondo. (Maldonado, 2004).

- **Objetivo**

La sedimentación tiene como finalidad, promover la eliminación de los sólidos sedimentables y parte de los sólidos suspendidos, al reducir la velocidad del agua, hasta lograr que estas partículas se depositen en el fondo de la estructura en un tiempo determinado de retención por medio de la gravedad.

El agua debe llegar a filtros con no mayor de 2 UNT; es decir, el decantador debe remover por lo menos 90% de la turbidez del agua cruda (CEPIS, 2002).

La remoción de partículas en suspensión en el agua puede conseguirse por sedimentación o filtración. De allí que ambos procesos se consideren como complementarios. La sedimentación remueve las partículas más densas, mientras que la filtración remueve aquellas partículas que tienen una densidad muy cercana a la del agua (Maldonado, 2004).

Por lo tanto, las partículas más grandes decantan con velocidades más rápidas, en comparación a las partículas más finas durante su descenso.

2.2.2.3.1. Factores que influyen en el proceso

Los siguientes factores influyen en el proceso de sedimentación o decantación: (OPS/CEPIS, 2005)

- **Corrientes de densidad**

Son las corrientes que se producen dentro del tanque por efecto de las diferencias de densidad en la masa de agua y son ocasionadas por un cambio de temperatura (térmica) y/o por diferencias en la concentración de las partículas suspendidas en las distintas masas de agua (de concentración).

Al entrar agua más fría al sedimentador, la masa de agua se desplaza por el fondo de este. En cambio, con agua más caliente, se produce el fenómeno inverso (Maldonado, 2004).

- **Corrientes debidas al viento**

El viento puede producir corrientes de suficiente intensidad como para inducir cambios en la dirección del flujo.

- **Corrientes cinéticas**

Pueden ser debido al diseño impropio de la zona de entrada o de salida (velocidad de flujo excesiva, zonas muertas, turbulencias) o por obstrucciones en la zona de sedimentación. (Maldonado, 2004).

- Zona de sedimentación: El flujo no deben encontrarse con ningún tipo de obstrucciones que alteren su trayectoria.

- Zona de entrada: El conjunto de estructuras debe permitir una distribución uniforme del flujo de agua hacia la zona de sedimentación.
- Zona de salida: La estructura debe permitir una recolección uniforme de agua sedimentada a una velocidad tal que evite arrastrar flóculos en el efluente.

2.2.2.3.2. Tipos de sedimentadores o decantadores

Los sedimentadores se clasifican así: (OPS/CEPIS, 2004)

1. Sedimentadores o decantadores estáticos.

Se realiza la decantación con caída libre.

Estos sedimentadores se clasifican, de acuerdo con la forma de su planta, en rectangulares, circulares o cuadrados.

- Sedimentadores rectangulares:

Los sedimentadores rectangulares han probado ser efectivos, están dispuestos longitudinalmente lado a lado con una pared común entre ellos. Uno de los métodos más prácticos y efectivos para lograr la distribución homogénea de caudal es la implementación de una pared difusora (con orificios de 100 a 200 mm de diámetros idénticos) (Conagua, 2016).

- Sedimentadores circulares o cuadrados:

Disponen de una zona de entrada ubicada en el centro de la unidad. Están provistos de una pantalla deflectora que desvía el agua hacia el fondo de la unidad. El fondo es inclinado hacia el centro de la unidad, donde se ubica

un sumidero para la recolección de lodos. La profundidad normal de estas unidades está comprendida entre 2,00 y 3,50 m. (OPS/CEPIS, 2004).

A continuación, en la tabla N° 2 se muestra las aplicaciones de los diferentes tipos de sedimentadores estáticos, además de sus ventajas y desventajas que conlleva aplicarlos.

Tabla 2. Aplicaciones, ventajas y desventajas de los sedimentadores estáticos.

Aplicaciones típicas	Ventajas	Desventajas
Sedimentadores rectangulares de flujo horizontal		
Plantas municipales de gran capacidad.	Más tolerante a cambios bruscos en caudal. Desempeño predecible. Facilidad de operación y bajos costos de Mantenimiento. Se pueden adaptar fácilmente módulos de alta tasa.	Requiere un cuidadoso diseño de las estructuras. Requiere que el proceso de floculación se realice por separado.
Sedimentadores circulares		
Plantas municipales pequeñas y de mediana capacidad. Se recomienda cuando el caudal y la calidad del agua es constante.	Geometría compacta y económica. Los lodos se pueden retirar fácilmente. Alta eficiencia de clarificación.	Presenta problemas de corto circuito. Menos tolerante a cambios bruscos en caudal. Necesita más supervisión durante la operación.

Fuente: MWH. (2012). Citado en Conagua. (2016).

Elaboración: Propia

2. Decantadores dinámicos

En este tipo de unidades se aplica la teoría de decantación interferida al tratamiento de agua, requiriéndose una alta concentración de partículas o incrementar las posibilidades de contacto (Urania, 2001).

El flóculo no conserva su peso específico, su tamaño ni su forma constante. Las partículas pequeñas entran por el fondo y son arrastradas por el flujo, luego chocan con otras e incrementan su tamaño en la zona del manto de lodos y en la parte superior a ella ocurre la decantación. (CEPIS/OPS-HDS 52, 2000).

La eficiencia de los decantadores de manto de lodos depende del tipo y la dosis de coagulante, del uso de polímeros, de la calidad del agua cruda, del tamaño de las unidades (la eficiencia es inversamente proporcional al tamaño), de la profundidad y concentración del manto de lodos y, principalmente, de la carga superficial. (OPS/CEPIS, 2004).

3. Decantador laminar

Los decantadores laminares pueden tratar caudales mayores en un área y estructura menor de la que requieren los decantadores convencionales y su eficiencia es superior, y comparándolos con los decantadores de manto de lodos, que también son de alta tasa, no requieren energía eléctrica para su operación. (OPS/CEPIS, 2006).

Son decantadores económicos, altamente eficientes, fáciles de operar y mantener. La eficiencia de remoción de los decantadores laminares fluctua entre 95 % y 99 % obteniéndose ventajas mayores a medida que la turbiedad y el tiempo de operación se incrementa. (CEPIS/OPS-HDS 52, 2000).

En este tipo de unidades, el proceso se realiza a través de placas o láminas; por lo tanto, permite una velocidad mucho más alta que en los sedimentadores estáticos. (Urania, 2001).

En la parte inferior del decantador se realiza la distribución de agua, en la parte media se encuentran las placas o láminas paralelas inclinados con un ángulo de 60° y en la parte superior el agua decantada se recolecta en las canaletas laterales. (OPS/CEPIS, 2006).

2.2.2.3.3. Lavado del sedimentador o decantador.

Se realiza por dos motivos: (CEPIS, 2002)

- El fondo de almacenamiento se llena de lodo: ocurre cuando el agua presenta alta turbidez y se produce gran cantidad de lodo.
- Comienza la fermentación del lodo almacenado: se produce cuando el tratamiento es discontinuo o el agua cruda está clara y se forma poco lodo.

Por lo general, el inicio de fermentación se produce después de tres o cuatro meses de usar el decantador, según la calidad del agua y la temperatura ambiental.

El lavado del decantador, de preferencia, se realiza con una manga de agua, de forma manual e ingresando a la unidad.

Los decantadores de placas están provistos de sistemas hidráulicos de extracción de lodo y no es necesario ingresar a la unidad para efectuar la limpieza en forma manual. Por esta razón, las tolvas de almacenamiento no son tan grandes como en el caso de las unidades convencionales. En época de lluvias, pueden operar sin interrupciones y efectuar descargas de lodo cada cuatro horas; en época de seca, el lavado se efectuará cada semana y en climas cálidos, como mínimo, cada tres días, para evitar la descomposición del lodo. (CEPIS, 2002).

2.2.2.4. Filtración

La filtración es la operación final de clarificación que se realiza en una planta de tratamiento de agua y, por consiguiente, es la responsable principal de la producción de agua de calidad coincidente con los estándares de potabilidad. (Maldonado, 2004).

- **Definición**

Es el proceso por el cual se retiene, remueve o separa algunas de las impurezas (materias en suspensión y microorganismos que no han sedimentado en el decantador) que aún contiene el

agua; haciéndolo pasar través de un medio filtrante poroso que permite el paso del líquido, pero no el de las partículas sólidas. (Maldonado, 2004).

- **Objetivo**

Tienen como propósito remover las impurezas y microorganismos nocivos para la salud humana, aquellas que no fueron eliminados en los procesos anteriores, haciendo pasar el fluido a través de diferentes materiales filtrantes.

Por lo general, se utiliza como medio poroso la arena soportada por capas de piedras, debajo de las cuales existe un sistema de drenaje (CEPIS, 2002).

Los filtros son unidades de pulimento, por tanto, no deben recibir agua del sedimentador con más de 2 UNT, pues la turbiedad interfiere posteriormente en el proceso de desinfección ya que tiene la capacidad de proteger a los microorganismos de la acción del desinfectante (Moros, s.f.).

Para evitar atascamientos en esta etapa, es importante que la retención de las partículas se haga en el interior del lecho filtrante, y no en la superficie del lecho, por este motivo, será muy importante hacer una elección adecuada del tamaño del grano del lecho filtrante (Romero, 2016).

2.2.2.4.1. Mecanismos de la filtración

La filtración usualmente es considerada como el resultado de dos mecanismos distintos pero complementarios: transporte y adherencia.

Inicialmente, las partículas por remover son transportadas de la suspensión a la superficie de los granos del medio filtrante y ellas permanecen adheridas a los granos o a partículas previamente retenidas, siempre que resistan la acción de las fuerzas de cizallamiento debidas a las condiciones hidrodinámicas del escurrimiento (OPS/CEPIS, 2004).

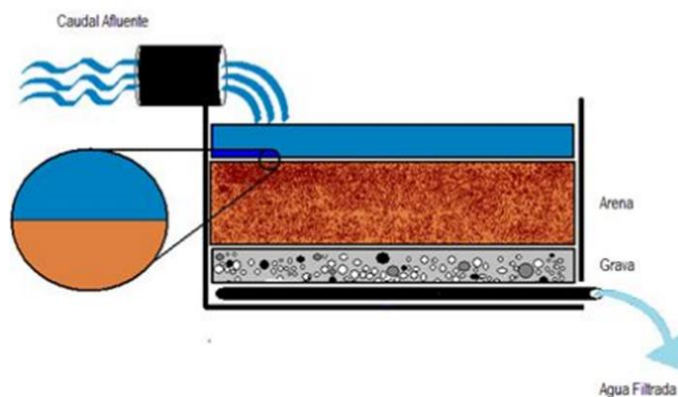


Figura 3. Mecanismo de filtración con lecho de arena.

(Fuente: Fernández, 2015)

2.2.2.4.2. Factores que influyen en el proceso

La eficiencia de la filtración está relacionada con: (Maldonado, 2004)

- **Características de la suspensión**

Las partículas suspendidas se caracterizan por:
(Maldonado, 2004)

- **Tipo:** Suspensiones de algas, arcillas o sílice, y coagulantes.
- **Tamaño:** Se genera menos oportunidad de contacto entre la partícula suspendida y el grano del medio filtrante con partículas de 1 μm (tamaño crítico), menos o mayores a este, la remoción se realizará eficientemente.
- **Densidad:** Cuanto mayor sea la densidad de las partículas suspendidas, mayor será la eficiencia de remoción de las partículas.
- **Resistencia o Dureza:** los flóculos débiles tienden a fragmentarse y penetrar fácilmente en el interior del medio filtrante, lo que favorece a la eficiencia del filtro.
- **Temperatura** del agua a ser filtrada: A temperaturas altas, se logra una eficiencia mayor porque aumenta la viscosidad del agua.
- **Concentración:** la eficiencia de remoción aumenta con el aumento de la concentración de las partículas suspendidas
- **pH:** Valores de pH inferiores a 7,0, disminuye el intercambio de cationes y aumenta el intercambio de aniones sobre las superficies positivas; mientras que, para valores de pH superiores a 7,0, se produce un aumento en el intercambio de cationes y una

disminución en el intercambio de aniones sobre las superficies negativas.

- **Características del medio filtrante**

El material filtrante se destaca por: (Maldonado, 2004)

- **Tipo de lecho filtrante:** La arena ha sido el medio filtrante comúnmente empleado. También se suele usar antracita (tipo de carbón mineral), poliestireno, granate y magnetita (en capas). Depende de la calidad deseada para el efluente, los costos, la facilidad de adquisición de los materiales, y la existencia de personal calificado para operarla.

- **Tamaño y coeficiente de uniformidad:** Normalmente, la antracita varía entre 0,80 y 1,10 mm de tamaño con un coeficiente de uniformidad inferior a 1,5.

Los valores usuales en la escuela americana son de 0.4 a 0.55 mm de tamaño efectivo para la arena con coeficientes de uniformidad de 1.3 a 1.7. En la escuela europea, se usa arena de 0.8 a 1.2 mm de tamaño efectivo con coeficiente uniformidad de 1.4 a 1.5 (Conagua, 2016).

- **Coeficiente de esfericidad de los granos y peso específico:** El peso específico del material filtrante es igual al peso de los granos dividido por el volumen efectivo que ocupan los granos.

A continuación, la Tabla N° 3 muestra cuales son los valores normales de los materiales filtrantes de un filtro de una planta convencional.

Tabla 3. Valores normales de materiales filtrantes.

Material	Coefficiente de esfericidad	Peso específico (g/cm³)
Arena	0,75- 0,80	2,65- 2,67
Antracida	0,70- 0,75	1,50- 1,70
Granate	0,75- 0,85	4,00- 4,20

Fuente: Maldonado (2004). Filtración.

Elaboración: Propia

- **Espesor de la capa filtrante:** Según experiencias en filtros de doble capa, se demostró que el espesor de la capa de antracita representa de 60 a 80%; y la arena, de 20 a 40% del espesor total del medio filtrante. (CEPIS, 2002).
- **Características de la hidráulica de la filtración**
 Aquellas que influyen son: (Maldonado, 2004)
 - **La tasa de filtración:** Altas o bajas. El empleo de tasas de filtración bajas no asegura, necesariamente, la producción de agua filtrada de mejor calidad y mayor volumen de agua producida por carrera de filtración
 - **La carga hidráulica disponible:** Con cargas hidráulicas disponibles mayores, las carreras de

filtración resultan más largas. Además, dependen de otros factores.

- **El método de control:** Los más utilizados son tasa constante (están forzadas a operar con la misma tasa que al inicio) y tasa declinante (cada unidad toma el caudal que está en capacidad de filtrar).

2.2.2.4.3. Tipos de filtros

Los filtros se clasifican así:

1. Según la tasa o velocidad de filtración

- **Filtros lentos:** Son filtros que funcionan con una tasa media de 4 m³/m²/día. (CEPIS, 2002).
 - Normalmente se aplican en comunidades pequeñas.
 - Tienen forma rectangular y, por lo general, debido a la baja tasa de filtración, son relativamente grandes.
 - Se utilizan para remover aguas con poco color y turbidez (10 a 20 UNT, pudiendo aceptarse picos de 50 a 100 UNT por pocas horas). Puede realizarse sin previa coagulación y decantación.
 - Tiene una pérdida de carga de 0,90 a 1,50 m (límite común: 1,20 m).

El agua cruda que ingresa a la unidad permanece sobre el medio filtrante de tres a doce horas, dependiendo de

las velocidades de filtración adoptadas. Durante el día y bajo la influencia de la luz del sol en la superficie del medio filtrante se forma una capa de origen orgánico, conocida como “piel de filtro” (muy activo hasta los 0.40 m de profundidad). Esta piel está formado principalmente por algas y otras numerosas formas de vida, tales como plancton, diatomeas, protozoarios, rotíferas y bacterias, el cual atrapa, digiere y degrada la materia orgánica contenida en el agua (Vargas, s.f.). Cuando ya se ha desarrollado bastante esa capa biológica, se determina que el filtro ha llegado al estado de maduración.

Una vez que el agua pasa la capa de piel de filtro, las partículas quedan atrapadas en los espacios vacíos del medio filtrante culminado su proceso de purificación.

Por lo general, el efluente obtenido tiene bajo contenido de oxígeno disuelto y alto contenido de bióxido de carbono, pero con un proceso de aireación posterior se pueden mejorar ambas características (Vargas, s.f.).

La limpieza de estos filtros se realiza retirando la capa superficial de arena, aproximadamente unos 2 cm, y se lava aparte en unos conos inyectándoles agua a contracorriente y a presión para luego volverlos al filtro. (CEPIS, 2002).

- **Filtros rápidos:** Son filtros que funcionan con una tasa media de 120 m³/m²/día (CEPIS, 2002).
 - Se construyen en áreas más pequeñas.
 - Tienen forma rectangular y se lavan con agua tratada que se introduce de abajo hacia arriba (sistema que se denomina de retrolavado).
 - Están conformados por una caja de concreto en el fondo con un sistema de canalización central y canales laterales cubiertos por varias capas y diámetros de grava que sostienen la capa de arena gruesa y la de arena preparada.
 - También pueden estar contruidos con un sistema de fondo falso (de concreto) donde se ha colocado un drenaje cuya finalidad es distribuir el agua filtrada y el agua de lavado de manera uniforme en toda el área filtrante.

2. Según la presión (filtros rápidos)

- **Filtros de presión:** Son filtros cerrados, metálicos, en los cuales el agua que va a ser tratada se aplica a presión (usados en piscinas e industrias).
Puede ser de flujo ascendente, descendente o ascendente-descendente con medio filtrante constituido de una o más capas (Urania, 2001).
- **Filtros de gravedad:** Son los más comunes. Se utilizan para la filtración de grandes volúmenes de agua previamente coagulada.

Puede ser de flujo ascendente o descendente, y ser operado con tasa de filtración constante o declinante en filtros de capa única de arena o de capas múltiples (Urania, 2001).

2.2.2.4.4. Lavado o retrolavado de filtros

Los filtros se lavan para restablecer su capacidad de funcionamiento.

El lavado del filtro es la operación en la cual se suspende el proceso de filtración y se inyecta agua, previamente filtrada o con agua proveniente del proceso de sedimentación, por la parte de abajo del filtro (drenes o falso fondo) con una presión adecuada; con el objeto de que el lecho filtrante se expanda, los granos se froten y se desprenda todo el material que se ha quedado retenido entre ellos en la operación de filtrado, material que es transportado por el agua a través del lecho expandido hasta ser descargado al desagüe (Conagua, 2016).

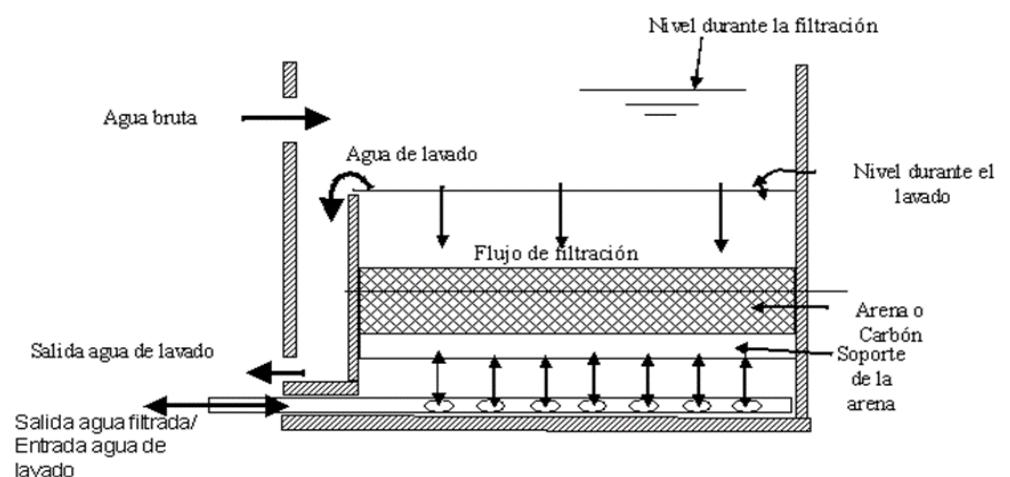


Figura 4. Diagrama de lavado de filtro con flujo ascendente.

(Fuente: Agua potable)

Cuando la velocidad de lavado es baja, el lecho no se expande y su porosidad no se modifica mayormente. Pero, a medida que se va incrementando dicha velocidad, las fuerzas debidas a la fricción van aumentando hasta llegar a superar el peso propio de las partículas, momento en el cual estas dejan de hacer contacto, se separan y quedan suspendidas libremente en el líquido; lo que se conoce como fluidificación del medio poroso (Maldonado, 2004).

Después de la limpieza el lecho se asienta de nuevo en su lugar. Los granos más gruesos o pesados llegan primero al fondo, los más finos o ligeros se depositan al último, lo que estratifica el lecho e impone un límite sobre sus partículas más finas o más ligeras y sobre su falta de uniformidad (Conagua, 2016).

Si después de la operación de lavado se encuentra material filtrante en las canaletas de lavado, esto es signo de que la expansión es excesiva y si no se toma medidas para solucionar el problema, el lecho filtrante se irá perdiendo poco a poco. Por ello, debemos calibrar el caudal de lavado hasta que la expansión se encuentre en el rango adecuado (CEPIS, 2002).

La expansión de la arena durante el lavado debe ser de 25 a 30% de la altura de la capa de arena preparada.

2.2.2.4.4.1. Sistemas de lavado o retrolavado

El lavado de los filtros puede hacerse de cuatro maneras distintas: (Conagua, 2016).

- 1. Con flujo ascendente solo:** El agua se inyecta desde abajo por los drenes o falso fondo a una velocidad que pueda producir expansión del lecho.
- 2. Con flujo ascendente y lavado superficial:** Se complementa con lavado superficial, inyectando agua a presión sobre la superficie del lecho filtrante para romper las bolas de barro. Se puede hacer con brazos giratorios tipo Palmer o con rociadores fijos.
- 3. Con flujo ascendente y lavado con aire:** Consiste en inyectar aire por medio de boquillas especiales y, posteriormente agua para producir una expansión en el lecho filtrante. La ventaja de este sistema está en la economía en el uso del agua de lavado. Aunque la mala distribución de los chorros de aire puede producir desestratificación de la grava.
- 4. Con flujo ascendente y lavado subsuperficial:** Se hace necesario cuando se usan medios filtrantes de arena y antracita y existe tendencia a una penetración profunda de las partículas floculentas y no son suficientemente removidas ni por el lavado ascendente ni por el lavado superficial con agua.

2.2.2.4.4.2. Tiempo y frecuencia de lavado

El Tiempo de lavado o retrolavado se cuenta desde el instante en que comenzó a caer el agua por las canaletas de agua de lavado, hasta el instante en que el agua de lavado dejó de caer

en la canaleta aproximadamente de 4 a 7 minutos, según la época del año: estiaje o creciente. Y, el tiempo en el que un filtro queda fuera de funcionamiento durante las operaciones de lavado oscila entre 8 y 15 minutos (CEPIS, 2002).

La frecuencia de lavado, en la práctica, se procede cuando la pérdida de carga alcanza un cierto límite, denominado impropriamente atascamiento máximo. Solo puede apreciarse el atascamiento del filtro si se trabaja a caudal constante, y no es necesario preocuparse del caudal si este no sobrepasa el caudal máximo. Por otro lado, si se trabaja a caudal muy variable, la mejor solución consiste en fijar el lavado después de la filtración de un cierto volumen de agua, determinado en función de la calidad obtenida al final del ciclo, dentro de las condiciones de explotación (Orellana, 2005). A este tiempo se le llama carrera de filtración y normalmente oscilan entre 24 y 48 horas.

2.2.2.5. Desinfección

La etapa final del proceso de tratamiento de agua potable siempre es la desinfección. En algunos casos en las plantas muy sencillas, ésta es la única etapa del proceso (Romero, 2016). Con aguas subterráneas o de manantial.

Si bien la práctica muestra que los procesos de coagulación, sedimentación y filtración remueven el mayor porcentaje de microorganismos patógenos del agua, la eficiencia de los

mismos no llega al 100% (Barrenechea y Vargas, 2004). Por ello, se opta por este proceso de desinfección.

- **Definición**

La desinfección es el proceso por el cual se interviene sanitariamente sobre el agua (OPS/OMS, 1999). Es una medida que se adopta en los sistemas de planta de tratamiento del agua, bien con carácter correctivo o preventivo (CEPIS, 2002); para remover los microorganismos patógenos del agua, cumpliendo con la normatividad de agua para consumo humano.

- **Objetivo**

Tiene como objetivo el garantizar la potabilidad del agua, desde el punto de vista microbiológico, asegurando la ausencia de microorganismos patógenos con la adición de cloro, ciertos compuestos que liberan cloro u otras sustancias o métodos con capacidad desinfectante.

2.2.2.5.1. Teoría de la desinfección

Teóricamente la acción desinfectante de las sustancias químicas se realiza en 2 etapas: (Barrenechea y Vargas, 2004)

1. La penetración de la pared celular.
2. La reacción con las enzimas, inhibiendo el metabolismo de la glucosa y, por tanto, provocando la muerte del organismo.

2.2.2.5.2. Factores que influyen en el proceso

Los factores que influyen en la desinfección del agua son los siguientes: (Barrenechea y Vargas, 2004)

- **Los microorganismos presentes y su comportamiento.**

- La reacción de los microorganismos depende a la resistencia de sus membranas celulares y a la relativa afinidad química con las sustancias (Los coliformes y las salmonelas son las menos resistentes).
- El número de microorganismos presentes en el agua no afecta el proceso de desinfección con una misma concentración y tiempo de contacto; siempre y cuando la temperatura y pH del agua sean los mismos.
- Cuando las bacterias forman aglomerados celulares, las que se encuentran protegidas en el interior pueden sobrevivir luego de la desinfección. Por ello, es necesario la agitación.

- **La naturaleza y concentración del agente desinfectante.**

Desinfectantes como el cloro y derivados pueden formar en el agua una serie de especies químicas cloradas, de diferente eficiencia desinfectante.

Por otro lado, la concentración del desinfectante determinará el tiempo de contacto necesario para destruir todos los microorganismos presentes en el agua.

- **La temperatura del agua.**

Por lo general, la temperatura favorece el proceso de desinfección.

La destrucción de microorganismos con cloro es mucho más rápida a mayor temperatura. A pesar de esto, el cloro es más estable en agua fría, lo que en la práctica compensa la menor velocidad de desinfección. (Conagua, 2016).

- **La naturaleza y calidad del agua.**

La desinfección alcanza una eficiencia máxima cuando el agua tiene una turbiedad cercana a la unidad, pues la materia en suspensión puede proteger a los microorganismos existentes en el agua e interferir en la desinfección.

La materia orgánica puede reaccionar con los desinfectantes químicos y cambiar su estructura, se pueden generar derivados tóxicos o compuestos que cambiarían su calidad organoléptica. (CEPIS, 2002).

- **El pH.**

El pH del agua es sumamente importante, pues ofrecen a los microorganismos un medio adverso, con excepción de los quistes de amebas, que soportan pH altos como 13 (OPS/OMS, 1999).

Sin embargo, hay que recordar que un agua con pH básico ($\text{pH} > 8$), solo podrá ser desinfectada eficazmente con una sobredosis de cloro (OPS/OMS, 1999), o cualquier otro desinfectante para una misma temperatura y tiempo de contacto.

- **Tiempo de contacto.**

Se refiere al tiempo disponible para que el cloro actúe sobre los microorganismos. Cuanto mayor es el tiempo de contacto, mayor será la posibilidad de destrucción de los microorganismos para una cierta dosis de cloro aplicado.

El efecto desinfectante del cloro no es inmediato, se requiere un tiempo de contacto mínimo de 20 a 30 minutos como mínimo, siendo deseable que sea de 1 a 2 horas, con una dosis de cloro o de dióxido de cloro residual de 0,05 a 0,2 mg/l es suficiente en general (Orellana, 2005).

2.2.2.5.3. Formas de desinfección

Existen 3 formas básicas de desinfección:

1. Tratamientos físicos.

Incluyen los procesos de: (Barrenechea y Vargas, 2004)

- Coagulación - floculación - sedimentación, en la que las bacterias y los virus son incorporados dentro de los microflóculos y se sedimentan, removiendo hasta el 98% de estas.
- Filtración, hasta el 98% de remoción y,

- Calor, la ebullición del agua es muy efectiva para eliminación de microorganismos presentes en ella.

2. Tratamientos químicos

Los agentes químicos desinfectantes más comunes son:

- **El cloro, sus derivados**

Ya sea en su forma gaseosa, de hipoclorito de sodio (lejía) o de hipoclorito de calcio (en polvo); es el biocida más empleado y el más antiguo (OPS/OMS, 1999).

La aceptación del cloro es debida a 3 factores: (Romero, 2016).

- Su capacidad de oxidar sustancias inorgánicas (hierro, manganeso, nitritos, etc.) que causan mal sabor, corrosión y deterioro en las líneas de transmisión del agua.
- La acción microbicida del cloro como algicida, bactericida y en menor medida virucida.
- Su uso es de bajo costo y es bastante seguro. El equipo que requiere para su dosificación no es sofisticado ni complejo.

Además de que tiene poder residual en las redes de distribución luego de su aplicación.

Es muy importante que exista cloro residual en todos los puntos de la red de distribución, pues el hecho de

encontrar cloro en el agua demuestra que no se ha introducido materia orgánica que consumiera el cloro y, por tanto, probablemente tampoco microbios tras el tratamiento. Por consiguiente, es una forma eficaz, inmediata y poco costosa de monitorear la evolución de la calidad microbiológica en la red (OPS/OMS, 1999).

A continuación, la Tabla N°4 muestra una comparación entre el cloro y sus derivados como desinfectantes.

Tabla 4. Cloro y sus derivados.

	Presentación del producto	Descripción	Contenido de cloro activo (%)	Estabilidad en el tiempo
Cloro gas	Gas licuado a presión.	Gas altamente tóxico.	99.5%.	Muy buena. Tener mucho cuidado con las fugas.
Hipoclorito de Sodio NaClO	Líquido amarillo	Corrosivo. Contiene Sosa.	1 a 15% como máximo. Concentraciones mayores a 10% son inestables.	Pérdida mensual de 2 al 4%. Si la temperatura es >30°C la pérdida es peor.
Hipoclorito de Calcio Ca(ClO)₂·2H₂O	Polvo, gránulos y tabletas. Sólido blanco	Corrosivo. Inflamación posible al entrar en contacto con ciertos materiales ácidos.	Polvo: 20 – 35% Granulado: 65 - 70% Tabletas: 65-70%.	Buena. Pérdida de 2 a 2.5% al año.

Fuente: Solsona & Méndez (2002). Desinfección del agua.

Elaboración: Propia

La elección de cualquiera de ellos en este proceso depende de:

- ✓ La cantidad de insumo que se requiera.
- ✓ La facilidad del transporte.

- ✓ La facilidad de operación.
 - ✓ Las medidas de seguridad a llevar a cabo (riesgos de almacenamiento y manipulación).
 - ✓ Los costos.
- **El Dióxido de cloro (ClO₂).**

Es un gas relativamente inestable que se obtiene a partir de la mezcla de cloro con clorito sódico, por lo que normalmente se genera en el lugar de aplicación. Una de sus ventajas es que no se ve afectado por el pH e incluso aumenta su potencialidad frente a amebas y enteovirus (Romero, 2016).

Es mejor que el cloro para el tratamiento de esporas, requiere poco tiempo de contacto, tiene buena solubilidad, además no hay corrosión en altas concentraciones, lo que reduce los costos de mantenimiento. Sin embargo, las propiedades residuales del dióxido de cloro son limitadas, por tal motivo, suele emplearse el cloro como desinfectante secundario para asegurar protección adicional en el sistema de distribución (Solsona Y Méndez, 2002).

Elimina sistemáticamente la formación de clorofenol, pero no tiene efecto sobre otros muchos sabores como el sabor a tierra o a lodo. Por lo tanto, solo es

recomendable cuando el único sabor que puede producirse, es debido a clorofenoles (Orellana, 2005)

- **El ozono (O₃).**

Es el oxidante más serio competidor del cloro, ya que es el desinfectante de mayor eficiencia microbicida.

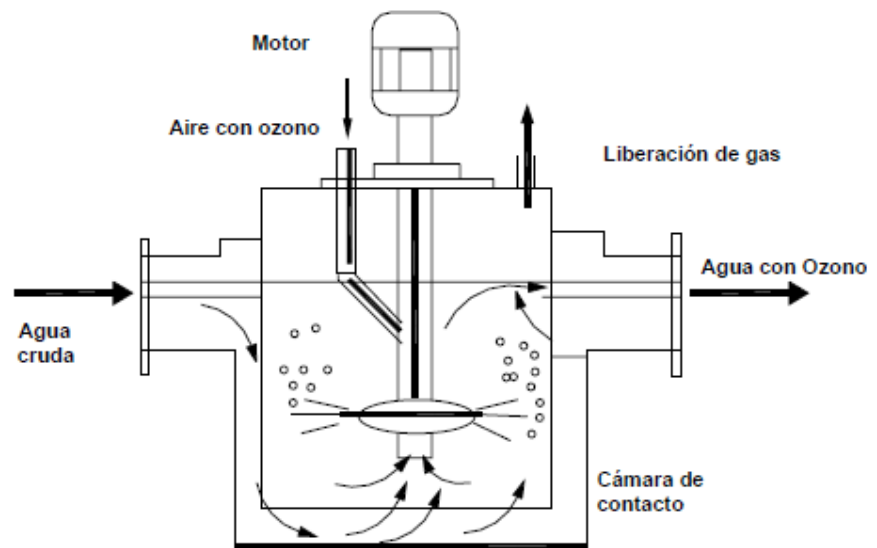


Figura 5. Diagrama difusor de ozono de turbina.

(Fuente: Solsona & Méndez, 2002).

Ventajas: (Barrenechea y Vargas, 2004)

- Requiere tiempos de contacto bastante cortos.
- La velocidad con que mata a las bacterias es bastante mayor que la del cloro, las mata por medio de la ruptura de la membrana celular, produciendo así la dispersión del citoplasma celular en el agua. En cambio, el cloro debe introducirse a través de la pared celular de la

bacteria y difundirse dentro del citoplasma. no imparte al agua color, olor ni sabor.

Desventajas: (Solsona Y Méndez, 2002)

- El ozono no proporciona un residual estable por lo que habrá que añadir un desinfectante secundario como el cloro.
- Entre los desinfectantes, es uno de los más altos en precio, por ello, rara vez se emplea el ozono solamente para desinfectar.
- Su vida media en el agua generalmente es menos de 30 minutos.
- Es un sistema complejo para muchas comunidades de países en desarrollo, aún para aquellas de gran porte.
- Requiere personal capacitado para operación y control.
- Usa energía eléctrica para su funcionamiento continuo.

3. Radiación.

Hay varias formas que pueden desempeñar un papel desinfectante. Las radiaciones más útiles son: UV, los rayos X y los rayos γ . Sin embargo, la radiación que más se utiliza es la UV debido a su costo, un inconveniente que tiene este

tratamiento es su baja eficacia frente a la turbidez del agua (Romero, 2016).

Ventajas: (Solsona Y Méndez, 2002)

- El tiempo de exposición requerido es muy corto.
- Aniquila una gran variedad de microorganismos.
- Trabaja con un rango germicida de entre 240 y 280nm (nanómetros), siendo más eficiente con 260nm.
- Desinfectar sin producir cambios físicos o químicos notables en el agua tratada, debido a ello, se ha venido utilizando ampliamente en los sistemas de abastecimientos de agua pequeños; como hospitales, industrias de alimentos y bebidas y hoteles e incluso para la desinfección de efluentes de plantas de tratamiento de aguas servida.
- Las ventajas empiezan con la sencillez de la operación y mantenimiento.

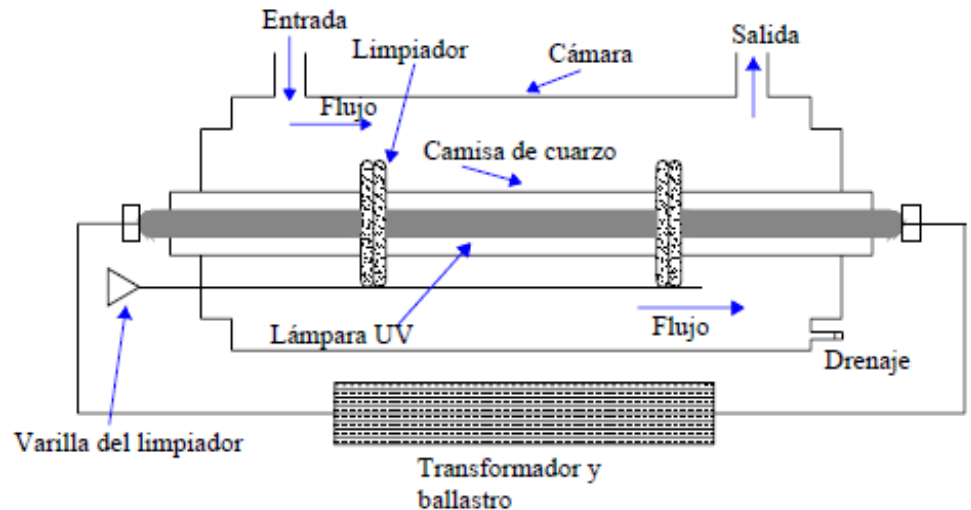


Figura 6. Diagrama equipo de radiación UV con lámpara sumergida.

(Fuente: Solsona & Méndez, 2002).

Desventajas: (Orellana, 2005)

- El agua debe ser clara, sin turbiedad ni color y desprovista de hierro, de coloides orgánicos o de microorganismos planctónicos; ya que estas impurezas podrían formar sedimentos sobre los tubos, que reducirían considerablemente la penetración de los rayos.
- Solo se consigue una seguridad total de tratamiento con una instalación ampliamente dimensionada, bien controlada y mantenida, y utilizada con agua de calidad constante a lo largo de todo el año.
- Al igual que el uso del ozono, este no produce residual, por lo que necesita de otro desinfectante.

2.2.3. Aguas residuales generadas en una planta de tratamiento de agua potable

En el transcurso de los procesos de tratamiento del agua se genera como producto aguas residuales que, al final son considerados desechos. Desechos que varían mucho en cuanto a su composición y cantidad.

Y, las características que poseen estas aguas son adquiridas debido a los cambios de la calidad del agua cruda recibida en planta, a la época del año en que se esté, a las operaciones de tratamiento, tales como a la adición de una serie de productos químicos y a ciertos elementos propios de la unidad de filtración, por ejemplo: arena, antracita o carbón activado. Sin embargo, poseen características básicas similares. (Fernández, 2015).

2.2.3.1. Tipos de aguas residuales generadas

2.2.3.1.1. Aguas residuales de lavado de sedimentadores

Las aguas residuales de los sedimentadores, son aquellos residuos que se producen en los procesos de coagulación, floculación y que luego, con su decantación, son retirados de las unidades de sedimentación. (Martínez, 2010).

Normalmente el volumen de estas aguas residuales está entre un 1 a 3% del caudal de agua cruda y, depende de la cantidad de sólidos suspendidos en la fuente de agua cruda, de la producción de agua potable de la PTAP y de la dosis de coagulante usada. (Fernández, 2015).

- **Características generales**

Estas están compuestas principalmente por sólidos removidos del agua, además del coagulante (sales de aluminio, sales de hierro y polielectrolitos) que se utiliza en la remoción de turbiedad, arsénico, fierro, manganeso, microorganismos (bacterias, virus y organismos patógenos) y otros elementos que pueden precipitar (Fernández, 2015).

Las aguas residuales con aluminio tienen un alto contenido de humedad (más de 90 %) y una baja concentración de sólidos, estos son ligeros, voluminosos y gelatinosos, lo que determina que sedimenten sin mayores inconvenientes, pero no es fácil alcanzar su deshidratación; por tal motivo, son catalogadas como difíciles de tratar. (Conagua, 2016).

Mientras que las aguas residuales con sales férricas presentan características gelatinosas, pero son menos hidratados, por lo tanto, tienden a compactarse con mayor facilidad que los de sulfato de aluminio. (Conagua, 2016).

2.2.3.1.2. Aguas residuales del lavado de filtros.

Estas aguas se producen a raíz del procedimiento de lavado de esta unidad, en el cual se remueven los sólidos que están en la superficie y en el fondo del lecho filtrante tras el proceso de filtración. Es decir, se considera agua de lavado estrictamente la utilizada para expandir el lecho y arrastrar los depósitos que se hayan adherido a él. (Martínez, 2010).

El volumen del agua de retrolavado representa típicamente de 2 a 5 % del agua total procesada (Conagua, 2016) y, aumenta debido a las condiciones del agua de entrada en términos de partículas presentes en ella que inciden en la colmatación de los filtros provocando un aumento en la frecuencia de lavado (Martínez, 2010) y tiempo de la misma.

- **Características generales**

La composición de estas aguas es similar a sus pares de coagulación, pero con partículas mucho más pequeñas. Normalmente contienen hidróxidos de aluminio y fierro, partículas de arcillas finas, aditivos químicos, fracciones del medio filtrante y carbón activado. Según las características del agua cruda pueden contener también elementos como fierro, manganeso y arsénico (Fernández, 2015).

Cuando se lava un filtro rápido gravitacional, la calidad del agua residual cambia respecto al tiempo; es decir, la calidad inicial del efluente tiene un alto contenido de sólidos provenientes de la superficie del lecho y del fondo del filtro que rápidamente disminuye respecto al tiempo. (Fernández, 2015).

2.2.3.2. Usos de los residuos sólidos presentes en las aguas residuales de una planta de tratamiento de agua potable.

Los residuos sólidos, semisólidos o líquidos de las aguas residuales provenientes de actividades de producción, actualmente no son considerados como desechos en países desarrollados, pero en América Latina aún lo son, por lo que bien son dispuestos en rellenos sanitarios previamente tratados o descargados al alcantarillado o peor aún vertidos directamente a un cuerpo receptor sin previo tratamiento. (Fernández, 2015).

Actualmente el aprovechamiento de estos residuos convenientemente deshidratados (con un contenido de sólidos igual o mayor de 25 %), radica en el hecho de que aparte de ser excelentes removiendo las impurezas del agua pueden servir en otras funciones, por ejemplo: (ANEXO IV. RM. N° 128-2017-VIVIENDA)

- 1.** Material de construcción;
- 2.** Material de cobertura de rellenos sanitarios;
- 3.** Material de recuperación de sitios contaminados, si cumplen con los estándares de calidad para la aplicación en suelos, con especial énfasis en la posible presencia de metales pesados;

4. Aplicación en suelos (elaboración de brechas cortafuego en suelos forestales y, en menor grado, aprovechado como mejorador de suelos en invernaderos), si cumplen con los estándares de calidad para la aplicación en suelos, con especial énfasis en la posible presencia de metales pesados;
5. Elaboración de productos cerámicos de alfarería (vasijas ornamentales y ladrillos); y,
6. Elaboración de adsorbentes y catalizadores por sus altas concentraciones de Hierro (Fe), Aluminio (Al), Manganeseo (Mn) o cal (CaOH).

La presencia en mayor proporción de aluminio, silicio y hierro, evidencian una buena composición del lodo para ser usado como materia prima en la elaboración de materiales de construcción y para la elaboración de productos cerámicos (Salazar y Rondan, 2014).

2.2.4. Descripción general de la planta de tratamiento de agua potable Cabritopampa.

La EPS SEDA Huánuco S.A. opera desde el año 1967, posee dos plantas de tratamiento de agua potable (PTAP), la planta zonal Aucayacu y la planta zonal Huánuco llamado Cabritopampa, este último es en dónde se realizará el estudio.

Dentro de ella existen dos módulos, la primera construida en el año 1967 (Planta de tratamiento N°1) y la otra en el año 1980 (planta de

tratamiento N° 2) (SUNASS, 2008), cada una consta de un canal de entrada de agua cruda que les dará servicio desde la planta de pre sedimentación, la primera por medio de un canal y la segunda por una tubería.

Ambas son plantas Convencional de Tecnología Apropriada o CEPIS de funcionamiento hidráulico, diseñadas para un caudal de 220 L/s cada una y cuentan con los procesos de coagulación, llevados a cabo con sulfato de aluminio, cloruro férrico y/o polímero catiónico (según la turbidez del agua cruda); floculación de tipo hidráulico de flujo vertical, cada una con 2 lagunas de sedimentación de flujo horizontal, 4 baterías de filtración rápida por planta con lechos mixtos (bolonería, grava y arena) y desinfección con cloro gas mediante inyección.

Las principales aguas residuales de la PTAP Cabritopampa son generadas con el mantenimiento de los sedimentadores y filtros. Los sedimentadores se lavan o purgan cada mes de forma manual, mientras que los filtros tienen una carrera de 24 h y el tiempo de lavado 10 minutos. (Alvarez, 2017)

2.2.4.1. Descripción de las operaciones de las unidades de tratamiento de la PTAP Cabritopampa.

La planta de tratamiento cuenta con las siguientes unidades y procesos:

- **Coagulación**

Los insumos químicos usados son el Sulfato de Aluminio, Cloruro Férrico, Polímero Catiónico (de acuerdo a la turbiedad del agua) y como modificador de pH, la cal hidratada.

La estructura usada para la mezcla rápida en ambos módulos es la de resalto hidráulico mediante una canaleta Parshall y, de acuerdo al diseño, la velocidad de mezcla es de 1106.6 RPM (Alvarez, 2017).

- **Floculadores**

En Cabritopampa se cuenta con floculadores hidráulicos de pantalla de flujo vertical, en ambos módulos dichas pantallas han sido modificadas en los años 1993 y 1994 (SUNASS, 2008).

Consta de 03 gradientes de velocidad:

- La primera gradiente de 70 RPM (revoluciones por minuto),
- La segunda Gradiente de 40 RPM y,
- La tercera gradiente de 20 RPM.

Haciendo un recorrido total del agua hasta los sedimentadores de 15 minutos.

- **Sedimentadores**

El tipo de sedimentación o decantador de la planta Cabritopampa, es un decantador tipo estático de forma rectangular de flujo horizontal, en el cual el agua que viene

del floculador choca con una pared que funcionan como placa difusora con aberturas rectangular.

El sistema de remoción de lodo se hace de forma manual, y antes de ello deberá programarse una parada o colocar la planta a operar con filtración directa si las condiciones de calidad del agua cruda lo permiten (especialmente en épocas de estiaje), teniendo un nivel de turbidez por debajo de 5 NTU. (Alvarez, 2017).

La frecuencia de lavado del sedimentador es mensualmente, aunque puede acortarse en épocas de precipitaciones.

- **Filtros**

Cada módulo cuenta con 04 baterías de filtros rápidos. Cada filtro es un tanque rectangular construido de concreto.

Además, como sistema de drenaje consta de un fondo falso tipo wheeler, lecho filtrante de bolonería, grava y arena de diferentes granulometrías, un área de filtración de 23,1m² c/u. y un caudal de tratamiento de 4752 m³/d.

- ✓ **Lavado de filtro**

El tipo de sistema de lavado es de flujo ascendente.

El agua que se inyecta desde abajo por el falso fondo a una velocidad determinada para que pueda producirse la expansión del lecho, proviene del reservorio de agua de lavado, este es un tanque

cilíndrico de concreto armado con diámetro de 8 m, altura útil de 3.05 m y capacidad útil de 153 m³, alimentado a través de 02 equipos de bombeo de 12 HP y 18 HP, con un caudal de bombeo de 100 m³/h (SUNASS, 2008).

El lavado se realiza cada 24 horas, lavándose 2 filtros diarios de cada módulo (1 y 2) con diferencia horaria (en las mañanas y a la media noche), siendo un total de 4 filtros diarios. Cada lavado tiene una duración de 10 min.

- **Desinfección**

La desinfección del agua es realizada con Hipoclorito de calcio diluido al 5%. Con un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos, para eliminar todo microorganismo patógeno dañino al ser humano.

La dosificación de cloro se realiza tomando en cuenta las normas de DIGESA y la SUNASS, de tal manera que en el monitoreo en las redes de distribución, hasta en el lugar más lejano, se debe encontrar como mínimo 0.5 mg/l y como máximo 1.0 mg/l de cloro residual (Alvarez, 2017).

2.3. Definiciones conceptuales

- **Agua cruda:** Aquella agua, en estado natural, captada para abastecimiento que no ha sido sometido a procesos de tratamiento. (DIGESA, 2011)

- **Agua de consumo humano:** Agua apta para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal. (DIGESA, 2011)
- **Agua residual:** Desecho líquido proveniente de actividades antropogénicas y que por sus características de calidad requieren de un tratamiento previo antes de disponerlas en un cuerpo receptor o para su reúso. (OEFA, 2014)
- **Alícuota:** Porciones de muestras individuales recolectadas en un solo sitio de muestreo proporcionalmente al caudal y mezcladas al final del muestreo para formar una muestra compuesta. (MVCS, 2013)
- **Caracterización de un agua residual.** Proceso destinado al conocimiento integral de las características estadísticamente confiables del agua residual, integrado por la toma de muestras, medición de caudal e identificación de los componentes físico, químico, biológico y microbiológico. (TULSMA LIBRO IV, anexo 1, 2015)
- **Coloides.** Partículas muy pequeñas de 10 a 1000 Angstrom, que no se sedimentan si no son coaguladas previamente. (CEPIS, 2005)
- **Cuerpo receptor o cuerpo de agua.** Es todo río, lago, laguna, aguas subterráneas, cauce, depósito de agua, corriente, zona marina, estuarios, que sea susceptible de recibir directa o indirectamente la descarga de aguas residuales. (TULSMA LIBRO IV, anexo 1, 2015)

- **DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno):** Cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para la estabilización de la materia orgánica bajo condiciones de tiempo y temperatura específicos (generalmente 5 días y a 20°C). (MVCS, 2013)
- **Descargar.** Acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor o a un sistema de alcantarillado en forma continua, intermitente o fortuita. (TULSMA LIBRO IV, anexo 1, 2015)
- **ECA (Estándares de Calidad Ambiental).** Es un instrumento de gestión ambiental, establece los niveles de concentración de elementos o sustancias presentes en el ambiente que no representan riesgos para la salud y el ambiente. (MINAM, 2008 para agua)
- **Efluente.** Líquido proveniente de un proceso de tratamiento, proceso productivo o de una actividad. (MVCS, 2013)
- **Muestreo.** Es el proceso de tomar una porción lo más representativa de un volumen de agua para el análisis de varias características definidas. (TULSMA LIBRO IV, anexo 1, 2015)
- **Muestra de agua:** Parte representativa del material a estudiar (para este caso agua residual cruda y tratada) en la cual se analizan los parámetros de interés. (MVCS, 2013)
- **Muestra compuesta.** Combinación de alícuotas de muestra individuales (normalmente en 24 horas) cuyo volumen parcial se determina en proporción al caudal del agua residual al momento de cada muestreo. (NTP OS. 090, 2006)

- **Muestra simple.** Es la que se toma en un tiempo y lugar determinado para su análisis individual. Representa la composición del agua residual para un lugar, tiempo y circunstancia en la que fue recolectada la muestra. (MVCS, 2013)
- **Parámetro de calidad.** Compuestos, elementos, sustancias, indicadores y propiedades físicas, químicas y biológicas de interés para la determinación de la calidad de agua. (MVCS, 2013)
- **Partículas.** Sólidos de tamaño lo suficientemente grande para poder ser eliminados por una filtración. (CEPIS, 2005)
- **Planta de tratamiento de agua potable.** Conjunto de operaciones o procesos destinados a mejorar la calidad del agua cruda. (CEPIS, 2004)
- **Prueba de Jarras:** Es un método de simulación de los procesos de Coagulación y floculación, realizado a nivel de laboratorio que permite obtener agua de buena calidad, fácilmente separable por decantación; los flóculos formados con diferentes dosis del coagulante dan como resultado valores de turbiedad diferentes. (Andía, 2000)
- **Sistema de tratamiento de agua:** Conjunto de componentes hidráulicos; de unidades de procesos físicos, químicos y biológicos; y de equipos electromecánicos y métodos de control que tiene la finalidad de producir agua apta para el consumo humano. (DIGESA, 2011)
- **Tratamiento convencional de agua potable.** En general procesos de decantación, coagulación, floculación,

sedimentación, filtración y desinfección. (TULSMA LIBRO IV, anexo 1, 2015)

- **Turbiedad.** Claridad relativa del agua que depende, en parte, de los materiales en suspensión en el agua. (CEPIS, 2005)
- **VMA (Valores Máximos Admisibles).** Aquel valor de la concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos y/o químicos, que caracterizan un efluente no doméstico que va a ser descargado a la red de alcantarillado sanitario. (MVCS, 2009)

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General.

- **Ha:** Los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales del lavado de los filtros de la planta de tratamiento de agua potable Cabritopampa nos permitirá generar una base de datos.
- **H0:** Los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales del lavado de los filtros de la planta de tratamiento de agua potable Cabritopampa no nos permitirá generar una base de datos.

2.5. Variables

2.5.1. Variable Independiente

- Aguas residuales del lavado de los filtros.

2.5.2. Variable Dependiente

- Generación de base de datos.

2.6. Operacionalización de variables

Ver en tabla N° 5

Tabla 5. Operacionalización de variables.

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES						
VARIABLES		DEFINICIONES	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTO
INDEPENDIENTE	Aguas residuales del lavado de los filtros.	Residuos líquidos provenientes de la actividad de una PTAP (lavado de sedimentadores o filtros) y que por sus características de calidad requieren de un tratamiento previo antes de disponerlas en un cuerpo receptor o para su reúso.	Características fisicoquímicas de las aguas residuales.	Parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales.	Concentraciones de los parámetros.	
				- pH - Turbiedad - Temperatura - Conductividad - Sólidos totales en suspensión (STS) - Aluminio (Al) - Hierro (Fe) - Sulfatos (SO_4^{2-}) - Cloruros (Cl^-)	- Unidades de pH - UNT °C $\mu\text{S/cm}$ - mg/l - mg/l - mg/l - mg/l - mg/l	- Fichaje - Laboratorio
DEPENDIENTE	Generación de base de datos.	Conjunto de datos pertenecientes a un mismo contexto que son almacenados sistemáticamente para su posterior uso.	Características fisicoquímicas de las aguas residuales.	Parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales.	Concentraciones de los parámetros.	
				- pH - Turbiedad - Temperatura - Conductividad - Sólidos totales en suspensión (STS) - Aluminio (Al) - Hierro (Fe) - Sulfatos (SO_4^{2-}) - Cloruros (Cl^-)	- Unidades de pH - UNT °C $\mu\text{S/cm}$ - mg/l - mg/l - mg/l - mg/l - mg/l	- Fichaje - Laboratorio.

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación

3.1.1. Enfoque

En este trabajo de investigación se empleó un enfoque de tipo mixto, cualitativo porque se describieron los parámetros fisicoquímicos presentes en el agua residual del lavado de filtros y cuantitativo porque se analizaron y se obtuvieron valores numéricos a partir de ellos, según (Hernández, 2014).

3.1.2. Nivel de investigación

3.1.2.1. Descriptivo

Esta investigación se enmarca en un nivel descriptivo, ya que se describieron y valoraron los componentes fisicoquímicos característicos de las aguas residuales provenientes del lavado de los filtros, como parte de la actividad de mantenimiento realizado diariamente, según (Hernández, 2014).

Asimismo, se determinaron los parámetros fisicoquímicos del agua cruda (de abastecimiento) para tener referencia de la calidad de la misma.

3.1.3. Diseño de investigación

El diseño de esta investigación es de naturaleza cuasi-experimental exploratorio transversal, porque es un estudio que se investiga por primera vez según (Hernández, 2014).

Se utilizó el esquema del análisis estadístico: El análisis de varianza (ANVA) que tiene las siguientes características:

<u>FUENTES DE VARIACION</u>			<u>G. L</u>
Entre tratamientos	$(I - 1)$	$(2-1)$	1 (1)
Dentro de tratamientos	$(J - 1) + (i - 1)$	$(4 - 1) + (4 - 1)$	(6)

TOTAL	$(IJ - 1)$	$(8-1)$	(7)

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

No se hizo ningún cálculo de población de personas, solo se consideraron las unidades de referencia; es decir, el conjunto de todas las unidades de filtros rápidos que posee la PTAP Cabritopampa, cada módulo cuenta con 4 baterías de filtro siendo un total de 8 unidades.

3.2.2. Muestra

Para alcanzar los objetivos planteados en esta investigación, se tomaron muestras de las aguas residuales del lavado de los filtros, así como también del agua de abastecimiento, esta última para tener referencias de la calidad de la misma.

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos de la investigación

3.3.1. Técnicas

3.3.1.1. La observación

Lo que se hizo en esta investigación no experimental fue observar el fenómeno tal como se dan en su contexto natural, para analizarlo, según (Hernández, 2014).

3.3.1.1.1. Muestreo del agua de abastecimiento (cruda).

Fue necesario la toma de muestras simples, en los días previstos de visita técnica a la planta, del agua cruda para determinar la calidad de agua que ingresa a planta, siendo el punto de muestreo antes de la adición de insumos químicos.

3.3.1.1.2. Muestreo de agua de lavado de filtro

1. Selección de punto de muestreo

Las muestras de estas aguas residuales se recolectaron en los filtros rápidos y se realizaron aprovechando el lavado de las

unidades.

Generalmente, el lavado se realiza cada 24 horas, lavándose 2 filtros diarios de cada módulo (1 y 2) de la planta Cabritopampa con diferencia horaria (en las mañanas y a la media noche), siendo un total de 4 filtros diarios.

2. Procedimiento de toma de muestra

El proceso de lavado de cada filtro dura aproximadamente 10 minutos. Se consideró como inicio, desde que el agua inyectada de forma ascendente por los drenes o falso fondo cae conjuntamente con los sólidos depositados en el interior y en la superficie del lecho filtrante hacia las canaletas de recolección y luego al desagüe.

Durante este procedimiento, con el apoyo logístico de los técnicos de la planta Cabritopampa, se inició la toma de muestras simples (alícuotas) de 200 ml cada 30 segundos en un balde hasta cumplir los 10 minutos para conformar una muestra compuesta.

Una vez mezclados los volúmenes, se homogenizó el contenido del balde por agitación y se procedió a la medida de los parámetros in situ y al llevado de la muestra al laboratorio de la planta de Cabritopampa para la realización de los análisis.

Según las materias primas usadas y los procesos involucrados,

los parámetros fisicoquímicos críticos analizados fueron:

- In situ: Turbidez, pH, temperatura y conductividad.
- Laboratorio: Sólidos suspendidos totales, presencia de aluminio, sulfatos, cloruros y hierro.

Los equipos que se utilizaron para realizar los análisis in situ fueron los siguientes:

- Potenciómetro, Conductímetro y Turbidímetro con función de registro de temperatura de la marca ORIÓN.

Y, para la realización de los análisis en laboratorio fueron los siguientes:

- Colorímetro portátil DR900 de la marca HACH.

Y, para la realización de los análisis volumétricos fueron los siguientes:

- Bomba de vacío marca Rocker 610.
- Balanza analítica.
- Estufa Kert Lab9030A.

3.3.2. Instrumento

3.3.2.1. Fichaje

Permite acumular datos, recoger ideas y organizar todos los datos que obtienen en el trabajo de campo (Hernández, 2014).

Dicho ello, con este instrumento se registraron todas las observaciones que tuvieron lugar durante el muestreo y la integración de la muestra.

3.3.2.2. Pruebas de Laboratorio

Con este instrumento se registraron todos los datos que generaron los análisis realizados a las muestras de las aguas de abastecimiento y a las muestras de las aguas residuales.

En esta investigación se utilizaron los procedimientos de análisis del manual del laboratorio de la empresa SEDA Huánuco S.A.

3.4. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

3.4.1. Tabulación y presentación de gráficos.

Los datos obtenidos de los análisis del agua de abastecimiento (cruda) y de los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales del lavado de filtros, fueron procesados y presentados en la base de datos que se creó en esta investigación, y en gráficos de barras; de tal manera que, expresan visualmente los valores de los principales parámetros obtenidos; asimismo, se efectuó el método de varianza (ANVA) para hacer comparaciones entre los resultados de las muestras de ambas plantas de tratamiento (módulos).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

En el transcurso de esta investigación se hizo una serie de visitas técnicas a la PTAP Cabritopampa para la toma de muestras tanto de las aguas de abastecimiento como de las aguas residuales de lavado de filtros, los mismos que fueron analizados cuanto antes en el laboratorio con el que cuentan la empresa SEDA Huánuco S.A. en la misma planta.

Es importante mencionar que no se pudo llevar a cabo los análisis del parámetro de cloruro por no contar en ese entonces con los reactivos necesarios, pues recién se habían realizado los pedidos.

A continuación, se presentan los resultados de la caracterización fisicoquímica, las mediciones in situ y de los análisis efectuados en el laboratorio de cada muestra.

4.1. Procesamiento de datos

4.1.1. Resultados de los análisis fisicoquímicos del agua de abastecimiento (cruda).

Los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos del agua de abastecimiento realizado en los 4 días de trabajo de campo, se muestran a continuación en la tabla N° 6.

En ella, además se menciona el tipo de muestra, la fecha, la hora de toma de muestra.

Tabla 6. Resultados de los análisis de las aguas de abastecimiento de la planta de tratamiento de agua potable Cabritopampa.

ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL AGUA DE ABASTECIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE CABRITOPAMPA.											
FECHA	HORA	TIPO DE MUESTRA	PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS ANALIZADOS								
			Parámetros in- situ				Parámetros en Laboratorio				
			pH	Temperatura (°C)	Turbidez (UNT)	Conductividad (µS/cm)	STS (mg/L)	Aluminio (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Cloruro (mg/L)	Hierro (mg/L)
20/07/18	7:00am										
		Simple	7.97	14.8	20.1	137.0	15.0	0.07	6.0	---	0.28
21/07/18	7:05am										
		Simple	7.98	14.0	13.8	140.2	11.0	0.04	5.0	---	0.32
23/07/18	7:10am										
		Simple	7.96	14.2	40.1	128.8	12.0	0.08	6.0	---	0.43
24/07/18	7:05am										
		Simple	8.00	14.6	57.7	141.8	14.0	0.09	7.0	---	0.21

Fuente: Elaboración propia

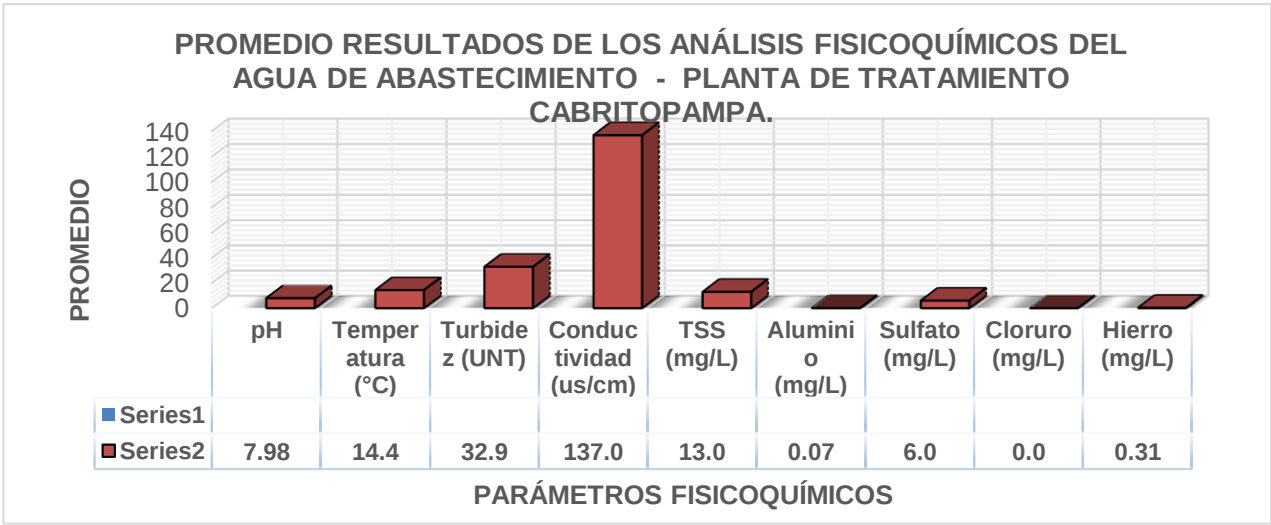
De los datos presentados en la tabla N° 6, en el que se muestran los resultados de los análisis fisicoquímicos del agua de abastecimiento de los 4 días de trabajo de campo, se consiguieron valores máximos y mínimos de cada parámetro identificado y a partir de ellos se obtuvieron resultados promedios, los mismos que son mostrados a continuación en la tabla N° 7 y gráfico N° 1.

Tabla 7. Promedio de los resultados de los análisis del agua de abastecimiento de la Planta de Tratamiento Cabritopampa.

Cálculos.	ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL AGUA DE ABASTECIMIENTO - PLANTA DE TRATAMIENTO CABRITOPAMPA.								
	pH	Temperatura (°C)	Turbidez (UNT)	Conductividad (µS /cm)	STS (mg/L)	Aluminio (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Cloruro (mg/L)	Hierro (mg/L)
Mínimo.	7.96	14.0	13.8	128.8	11.0	0.04	5.0	---	0.21
Máximo.	8.00	14.8	57.7	141.8	15.0	0.09	7.0	---	0.43
PROMEDIO	7.98	14.4	32.9	137.0	13.0	0.07	6.0	---	0.31

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 1. Resultados de los análisis del agua de abastecimiento de la Planta de Tratamiento Cabritopampa.



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Según los resultados, se observan valores máximos y mínimos de los parámetros fisicoquímicos analizados en el agua de abastecimiento. Valores con mucha similitud en cuanto a pH y temperatura, así como valores con grandes diferencias como el de turbidez y hierro. Finalmente, al promediar dichos valores se obtuvieron datos de la calidad de las aguas de abastecimiento de la PTAP Cabritopampa.

4.1.2. Resultados de la caracterización fisicoquímica de las Aguas Residuales del lavado de los filtros.

Las muestras fueron recolectadas aprovechando el mantenimiento de las unidades de filtros rápidos (lavado), tomadas manualmente con el apoyo técnico de los encargados de realizar la labor de lavado de cada unidad.

Se tomaron las muestras solo de los lavados de la mañana y no de la media noche, siendo un total de 2 filtros diarios (1 por módulo). El volumen de muestra recolectado por cada lavado fue aproximadamente de 4 litros. Todo este procedimiento se llevó a cabo los días 20, 21, 23 y 24 de Julio.

Los resultados obtenidos de los análisis que se realizaron a las muestras de las aguas residuales de las 4 unidades de filtros rápidos (baterías) de la planta de tratamiento (módulo) N° 1, se presentan a continuación en la tabla N° 8.

En ella se indica la hora y fecha de lavado, el tipo de muestra que se recolectó y los valores de los parámetros fisicoquímicos que se identificaron.

Resultados PTAP (módulo) 1:

Tabla 8. Resultados de los análisis de las aguas residuales de lavado de filtros de la Planta de Tratamiento (Módulo) N° 1.

ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL LAVADO DE LOS FILTROS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE CABRITOPAMPA.													
PLANTA DE TRATAMIENTO (Módulo) N° 1.													
N° DE FILTRO	FECHA DE LAVADO	HORA DE LAVADO	TIPO DE MUESTRA	PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS ANALIZADOS									Operario de turno
				Parámetros in- situ				Parámetros en Laboratorio					
				pH	Temperatura (°C)	Turbidez (UNT)	Conductividad (µS /cm)	STS (mg/L)	Aluminio (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Cloruro (mg/L)	Hierro (mg/L)	
FILTRO N° 1	21/07/18	8:15am											VICTOR SERNA
			Compuesta	7.92	15.9	98.2	149.9	140.0	6.85	14.0	---	1.20	
FILTRO N° 2	23/07/18	8:33am											HUARANGA ALCIDES
			Compuesta	7.61	15.8	108.0	144.4	183.0	5.43	14.0	---	1.16	
FILTRO N° 3	24/07/18	9:25am											DIMAS PEÑA
			Compuesta	7.96	16.0	113.0	146.7	161.0	7.33	22.0	---	0.99	
FILTRO N° 4	20/07/18	8:40am											DIMAS PEÑA
			Compuesta	8.00	15.9	107.0	144.0	180.0	7.63	24.0	---	1.33	

Fuente: Elaboración propia

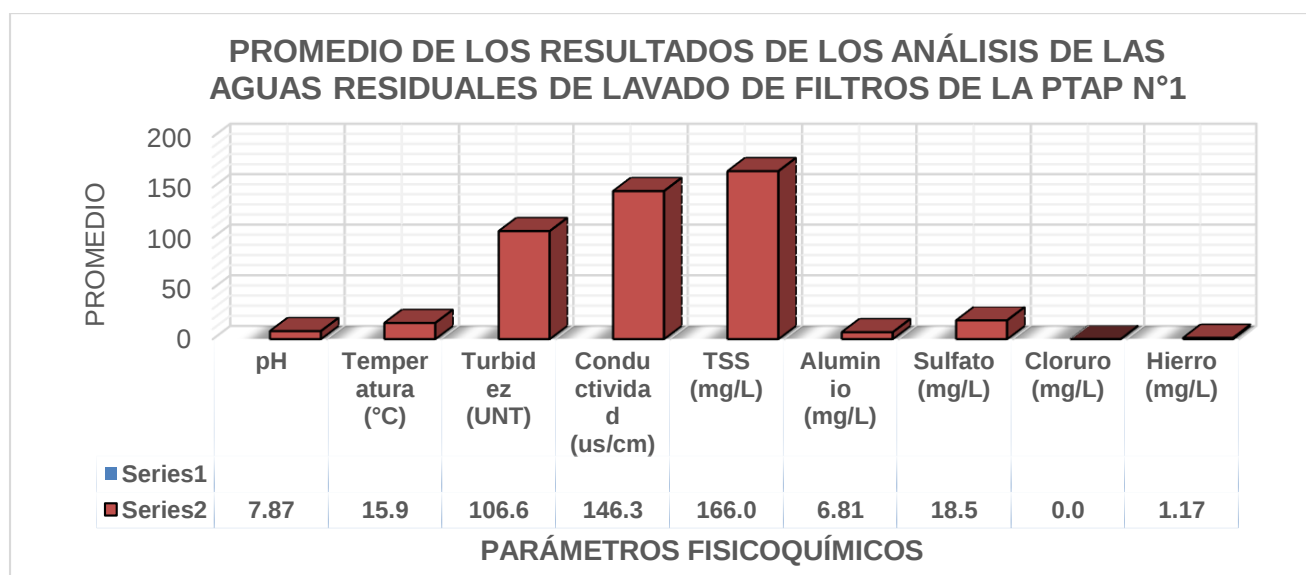
De los datos presentados en la tabla N° 8, en el que se muestran los resultados de los análisis fisicoquímicos de las aguas residuales de cada filtro del módulo N°1, se consiguieron valores máximos y mínimos de cada parámetro identificado y a partir de ellos se obtuvieron resultados promedios, los mismos que son mostrados a continuación en la tabla N° 9 y gráfico N° 2.

Tabla 9. Promedio de los resultados de los análisis de las aguas residuales de lavado de filtros de la PTAP (Módulo) N°1.

Cálculos.	ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DE LAS AGUAS RESIDUALES - PLANTA DE TRATAMIENTO (Módulo) N° 1								
	pH	Temperatura (°C)	Turbidez (UNT)	Conductividad (µS /cm)	STS (mg/L)	Aluminio (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Cloruro (mg/L)	Hierro (mg/L)
Mínimo.	7.61	15.8	98.2	144.0	140.0	5.43	14.0	0.0	0.99
Máximo.	8.00	16.0	113.0	149.9	183.0	7.63	24.0	0.0	1.33
PROMEDIO	7.87	15.9	106.6	146.3	166.0	6.81	18.5	---	1.17

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2. Promedio de los resultados de los análisis de las aguas residuales de lavado de filtros de la PTAP (Módulo) N°1.



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Según los resultados, se observan valores máximos y mínimos de los parámetros fisicoquímicos analizados en las aguas residuales recolectadas en cada lavado de los 4 filtros (baterías) del módulo N°1. Valores con mucha similitud en cuanto a temperatura, así como valores con grandes diferencias como el de sólidos totales en suspensión (STS), aluminio (Al) y sulfatos (SO₄). Finalmente, al promediar dichos valores se obtuvieron datos de las características fisicoquímicas de las aguas residuales de los filtros de la PTAP (módulo) N°1.

- Resultados PTAP (módulo) 2:

Tabla 10. Resultados de los análisis de las aguas residuales de lavado de filtros de la Planta de Tratamiento (Módulo) N° 2.

ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL LAVADO DE LOS FILTROS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE CABRITOPAMPA.													
PLANTA DE TRATAMIENTO (Módulo) N° 2.													
N° DE FILTRO	FECHA DE LAVADO	HORA DE LAVADO	TIPO DE MUESTRA	PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS ANALIZADOS									Operario de turno
				Parámetros in- situ				Parámetros en Laboratorio					
				pH	Temperatura (°C)	Turbidez (UNT)	Conductividad (µS/cm)	STS (mg/L)	Aluminio (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Cloruro (mg/L)	Hierro (mg/L)	
FILTRO N° 1	21/07/18	9:10am											RAMIRO GONZALES
			Compuesta	8.00	15.7	84.1	158.1	122.0	7.70	17.0	---	1.38	
FILTRO N° 2	20/07/18	8:00am											CARLOS SOTO
			Compuesta	7.73	16.5	99.0	148.5	168.0	7.45	23.0	---	1.78	
FILTRO N° 3	23/07/18	9:30am											PEDRO BETETA
			Compuesta	7.83	16.3	102.0	136.9	127.0	5.39	13.0	---	1.99	
FILTRO N° 4	24/07/18	8:00am											CARLOS SOTO
			Compuesta	7.80	16.4	125.0	143.4	232.0	6.84	19.0	---	1.23	

Fuente: Elaboración propia

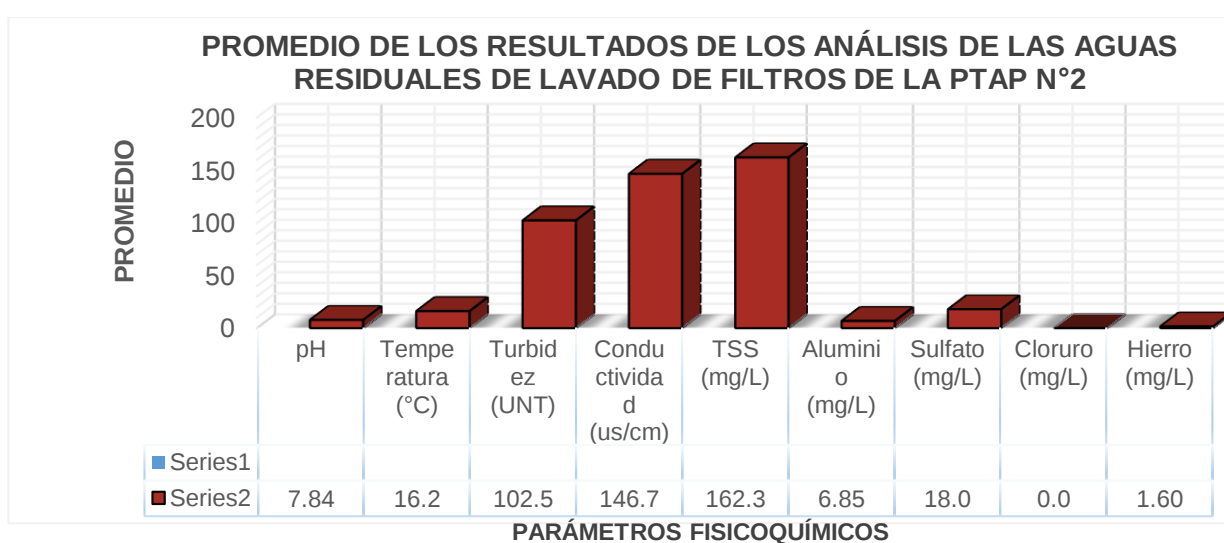
De los datos presentados en la tabla N° 10, donde se muestran los resultados de los análisis fisicoquímicos de las aguas residuales de cada filtro del módulo N° 2, se consiguieron valores máximos y mínimos de cada parámetro identificado y a partir de ellos se obtuvieron resultados promedios, los mismos que son mostrados a continuación en la tabla N° 11 y gráfico N° 3.

Tabla 11. Promedio de los resultados de los análisis de las aguas residuales de lavado de filtros de la PTAP (Módulo) N° 2.

Cálculos.	ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DE LAS AGUAS RESIDUALES - PLANTA DE TRATAMIENTO (Módulo) N° 2.								
	pH	Temperatura (°C)	Turbidez (UNT)	Conductividad (µS/cm)	STS (mg/L)	Aluminio (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Cloruro (mg/L)	Hierro (mg/L)
Mínimo.	7.73	15.7	84.1	136.9	122.0	5.39	13.0	---	1.23
Máximo.	8.00	16.5	125.0	158.1	232.0	7.70	23.0	---	1.99
PROMEDIO	7.84	16.2	102.5	146.7	162.3	6.85	18.0	---	1.60

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. Promedio de los resultados de los análisis de las aguas residuales de lavado de filtros de la PTAP (Módulo) N° 2.



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Según los resultados, se observan valores máximos y mínimos de los parámetros fisicoquímicos analizados en las aguas residuales recolectadas en cada lavado de los 4 filtros (baterías) del módulo N°2. Valores con grandes diferencias como el de sólidos totales en suspensión (STS), aluminio (Al) y sulfatos (SO₄), entre otros. Finalmente, al promediar dichos valores se obtuvieron datos de las características fisicoquímicas de las aguas residuales de los filtros de la PTAP (módulo) N°2.

- **Resultado total de la PTAP Cabritopampa:**

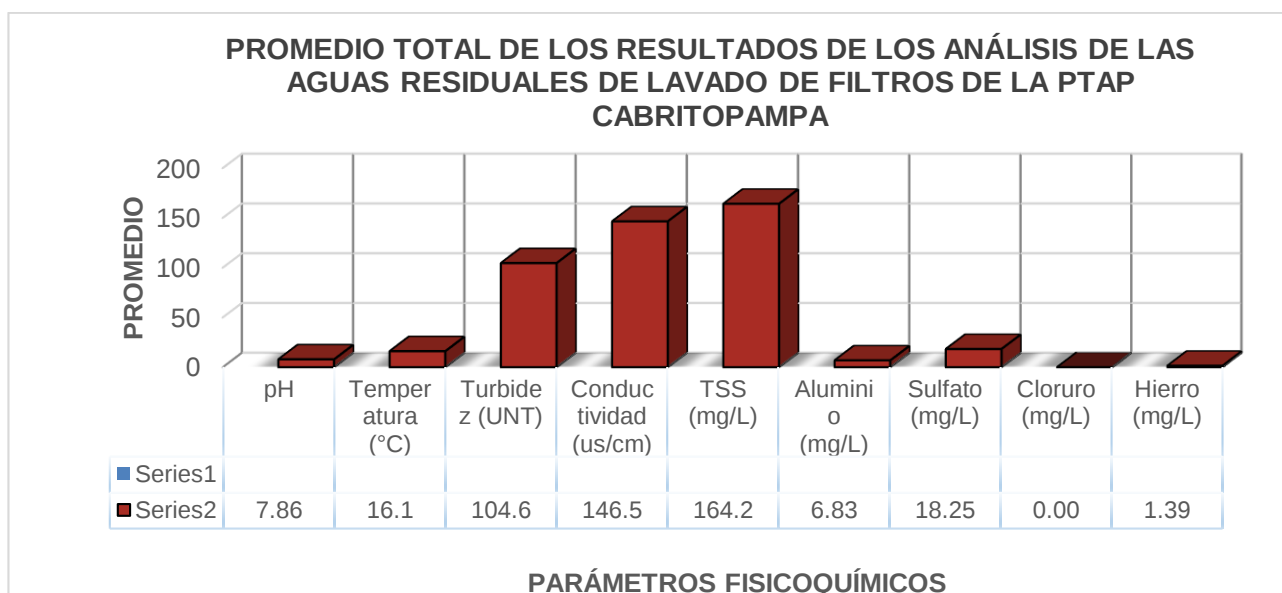
A partir de los resultados obtenidos de los módulos N° 1 y módulo N° 2, mostrados en las tablas N° 9 y N° 11, se consiguió obtener un promedio total de los resultados de los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales de los filtros de la planta de tratamiento de agua potable Cabritopampa, los mismos que son mostrados a continuación en la tabla N° 12 y gráfico N° 4.

Tabla 12. Promedio total de los resultados de los análisis de las aguas residuales de lavado de filtros de la PTAP Cabritopampa.

Cálculos.	ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LAVADO DE FILTROS - PLANTA DE TRATAMIENTO CABRITOPAMPA								
	pH	Temperatura (°C)	Turbidez (UNT)	Conductividad (µS/cm)	STS (mg/L)	Aluminio (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Cloruro (mg/L)	Hierro (mg/L)
Promedio PTAP 1	7.87	15.9	106.6	146.3	166.0	6.81	18.50	---	1.17
Promedio PTAP 2	7.84	16.2	102.5	146.7	162.3	6.85	18.00	---	1.60
PROMEDIO TOTAL	7.86	16.1	104.6	146.5	164.2	6.83	18.25	---	1.39

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4. Promedio total de los resultados de los análisis de las aguas residuales de lavado de filtros de la PTAP Cabritopampa.



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Según los resultados promedios de los parámetros analizados en muestras de ambos módulos, se observa que las aguas residuales de la PTAP (módulo) N°1 arrojan valores más altos de sulfatos (SO₄) con 18.50 mg/L y de turbidez con 106.6 UNT, mientras que las de la PTAP (módulo) N°2, arrojan valores más altos de aluminio (Al) con 6.85 mg/L y de hierro (Fe) con 1.60 mg/L. Teniendo valores de pH y conductividad eléctrica con mucha similitud.

4.1.3. Análisis de los resultados de los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales.

Como se observó anteriormente, se obtuvieron resultados de los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales del lavado de los filtros de cada PTAP (módulo) N°1 y N°2, se hizo una comparación entre los resultados de cada parámetro fisicoquímico de ambos módulos, para determinar si son

significativos o no entre ellos, utilizando el método estadístico de ANÁLISIS DE VARIANZA (ANVA).

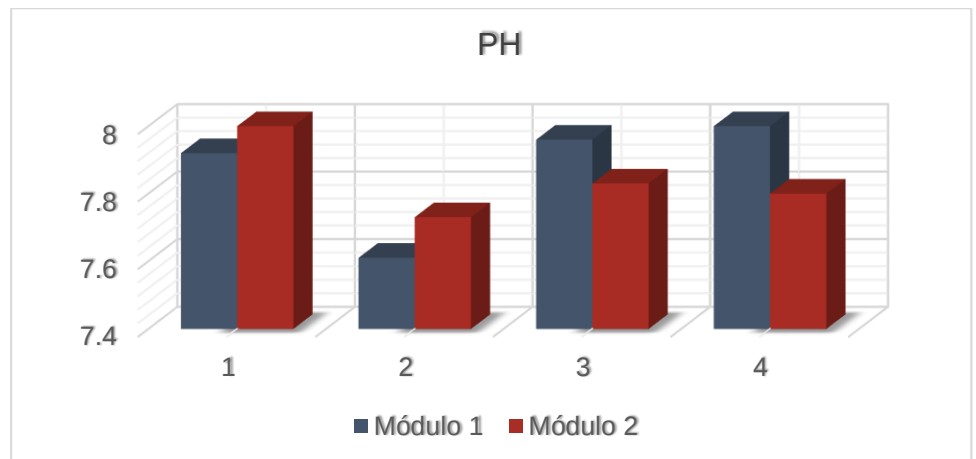
- **Análisis de pH**

Tabla 13. Promedio de PH de ambos módulos.

Filtros	pH	
	Módulo 1	Módulo 2
1	7.92	8.00
2	7.61	7.73
3	7.96	7.83
4	8.00	7.80
Promedio	7.87	7.84

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 5. Promedio de PH de ambos módulos



Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: En la tabla N° 13 y gráfico N°5, se muestran los valores promedio de pH, obtenidos de los análisis realizados a las muestras de ambos módulos (1 y 2) y se observa que en ambas plantas los valores promedios son muy similares.

Tabla 14. Análisis de varianza de pH

Fuentes de variabilidad	GL	SC	CM	FC	Ft	Significancia
PLANTAS DE TRATAMIENTOS	1	0.0021125	0.0021125	0.09425544	5.98737761	NS
DENTRO DE TRATAMIENTOS	6	0.134475	0.0224125			
Total	7	0.1365875				

Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: Realizado el análisis de varianza, los valores nos demuestran que no existen diferencias significativas entre los resultados de pH de las muestras de ambos módulos, hecho que se manifiesta estadísticamente.

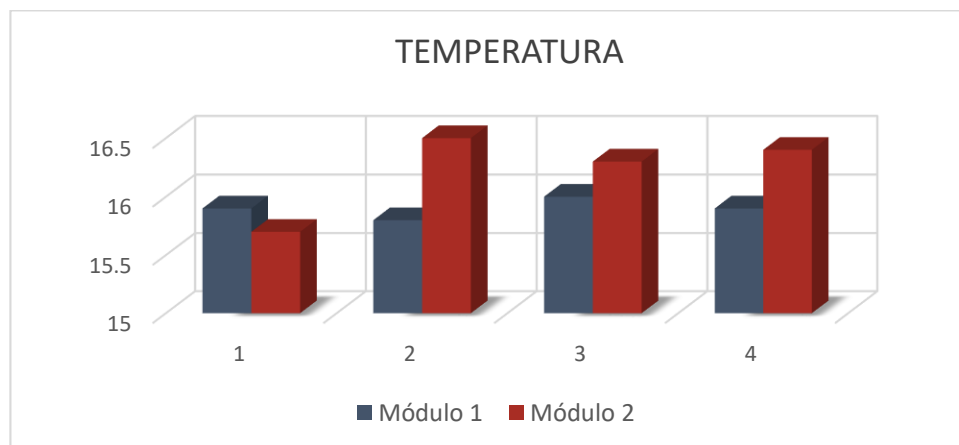
- **Comparación análisis de varianza de Temperatura.**

Tabla 15. Promedio de Temperatura de ambos módulos.

Filtros	Temperatura	
	Módulo 1	Módulo 2
1	15.9	15.7
2	15.8	16.5
3	16.0	16.3
4	15.9	16.4
Promedio	15.9	16.2

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 6. Promedio de Temperatura de ambos módulos.



Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: En la tabla N° 15 y gráfico N° 6, se muestran los valores promedio de Temperatura, obtenidos de los análisis realizados a las muestras de ambos módulos (1 y 2) y se observa que los valores promedios son ligeramente más altos en el módulo 2.

Tabla 16. Análisis de varianza de Temperatura.

Fuentes de variabilidad	GL	SC	CM	FC	Ft	Significancia
PLANTAS DE TRATAMIENTOS	1	0.21125	0.21125	3.11042945	5.98737761	NS
DENTRO DE TRATAMIENTOS	6	0.4075	0.06791667			
Total	7	0.61875				

Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: Realizado el análisis de varianza, los valores nos demuestran que no existen diferencias significativas entre los resultados de Temperatura de las muestras de ambos módulos, hecho que se manifiesta estadísticamente.

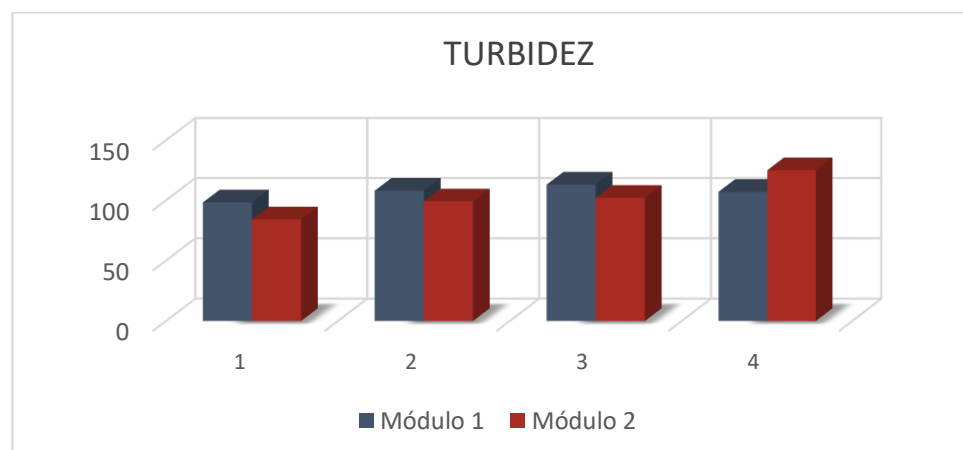
- **Comparación análisis de varianza de Turbidez.**

Tabla 17. Promedio de Turbidez de ambos módulos.

Filtros	Turbidez	
	Módulo 1	Módulo 2
1	98.2	84.1
2	108.0	99.0
3	113.0	102.0
4	107.0	125.0
Promedio	106.6	102.5

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 7. Promedio de Turbidez de ambos módulos.



Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: En la tabla N° 17 y gráfico N° 7, se muestran los valores promedio de Turbidez, obtenidos de los análisis realizados a las muestras de ambos módulos (1 y 2) y se observa que los valores promedios son ligeramente más altos en el módulo 1.

Tabla 18. Análisis de varianza de Turbidez.

Fuentes de variabilidad	GL	SC	CM	FC	Ft	Significancia
PLANTAS DE TRATAMIENTOS	1	32.40125	32.40125	0.20022659	5.98737761	NS
DENTRO DE TRATAMIENTOS	6	970.9375	161.822917			
Total	7	1003.33875				

Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: Realizado el análisis de varianza, los valores nos demuestran que no existen diferencias significativas entre los resultados de Turbidez de las muestras de ambos módulos, hecho que se manifiesta estadísticamente.

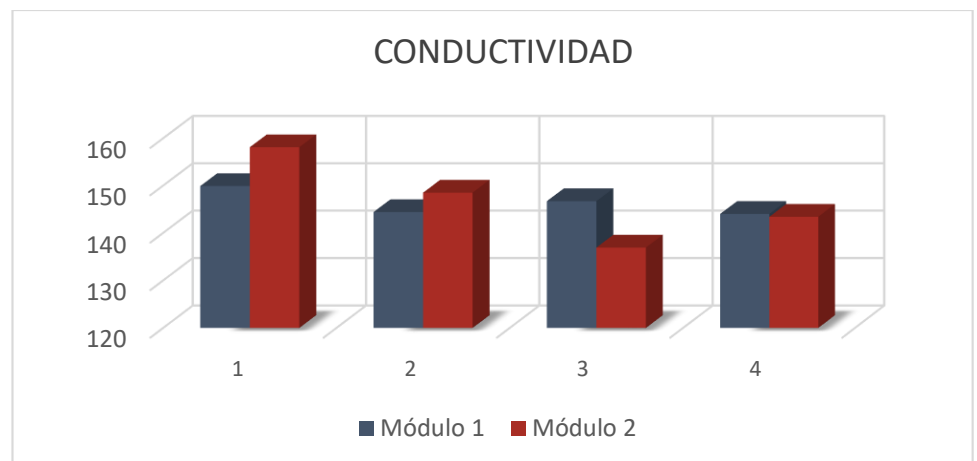
- **Comparación análisis de varianza de Conductividad.**

Tabla 19. Promedio de Conductividad de ambos módulos.

Filtros	Conductividad	
	Módulo 1	Módulo 2
1	149.9	158.1
2	144.4	148.5
3	146.7	136.9
4	144.0	143.4
Promedio	146.3	146.7

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 8. Promedio de Conductividad de ambos módulos.



Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: En la tabla N° 19 y gráfico N° 8, se muestran los valores promedio de Conductividad, obtenidos de los análisis realizados a las muestras de ambos módulos (1 y 2) y se observa que en ambas plantas los valores promedios son muy similares.

Tabla 20. Análisis de varianza de Conductividad.

Fuentes de variabilidad	GL	SC	CM	FC	Ft	Significancia
PLANTAS DE TRATAMIENTOS	1	0.45125	0.45125	0.01032855	5.98737761	NS
DENTRO DE TRATAMIENTOS	6	262.1375	43.6895833			
Total	7	262.58875				

Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: Realizado el análisis de varianza, los valores nos demuestran que no existen diferencias significativas entre los resultados de Conductividad de las muestras de ambos módulos, hecho que se manifiesta estadísticamente.

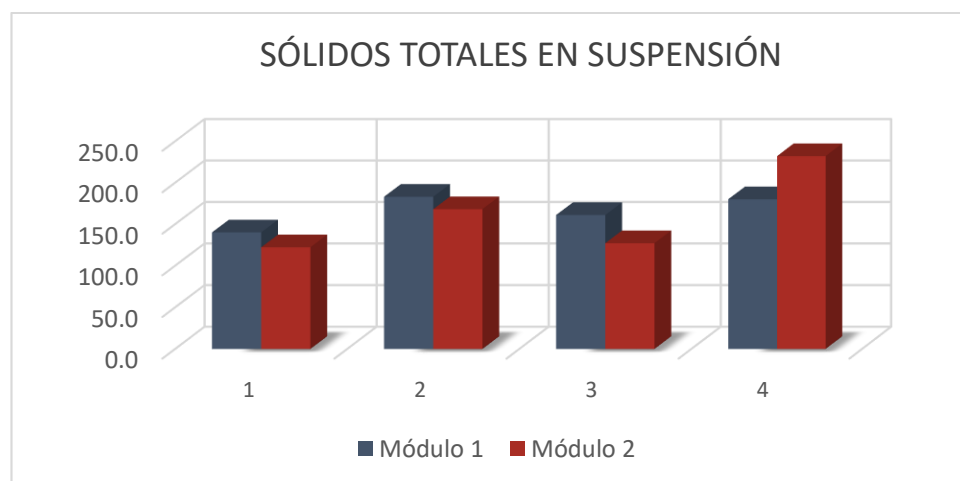
- **Comparación análisis de varianza de Sólidos totales en suspensión (STS).**

Tabla 21. Promedio de Sólidos totales en suspensión de ambos módulos.

Filtros	Sólidos Totales en Suspensión	
	Módulo 1	Módulo 2
1	140.0	122.0
2	183.0	168.0
3	161.0	127.0
4	180.0	232.0
Promedio	166.0	162.3

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 9. Promedio de Sólidos totales en suspensión de ambos módulos.



Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: En la tabla N° 21 y gráfico N° 9, se muestran los valores promedio de Sólidos totales en suspensión, obtenidos de los análisis realizados a las muestras de ambos módulos (1 y 2) y se observa que los valores promedios son ligeramente más altos en el módulo 1.

Tabla 22. Análisis de varianza de Sólidos totales en suspensión.

Fuentes de variabilidad	GL	SC	CM	FC	Ft	Significancia
PLANTAS DE TRATAMIENTOS	1	28.125	28.125	0.0188616	5.98737761	NS
DENTRO DE TRATAMIENTOS	6	8946.75	1491.125			
Total	7	8974.875				

Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: Realizado el análisis de varianza, los valores nos demuestran que no existen diferencias significativas entre los resultados de Sólidos totales en suspensión de las muestras de ambos módulos, hecho que se manifiesta estadísticamente.

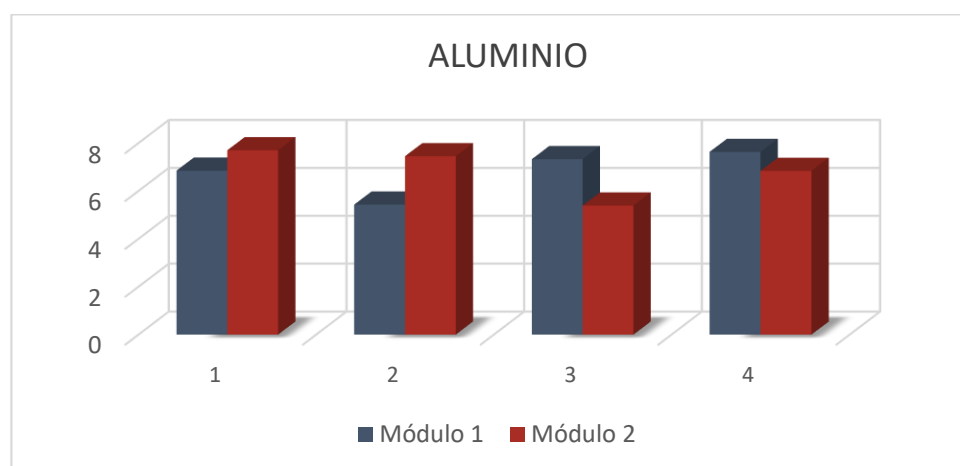
- **Comparación análisis de varianza de Aluminio.**

Tabla 23. Promedio de Aluminio de ambos módulos.

Filtros	Aluminio	
	Módulo 1	Módulo 2
1	6.85	7.70
2	5.43	7.45
3	7.33	5.39
4	7.63	6.84
Promedio	6.81	6.85

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 10. Promedio de Aluminio de ambos módulos.



Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: En la tabla N° 23 y gráfico N° 10, se muestran los valores promedio de Aluminio, obtenidos de los análisis realizados a las muestras de ambos módulos (1 y 2) y se observa que en ambas plantas los valores promedios son muy similares.

Tabla 24. Análisis de varianza de Aluminio

Fuentes de variabilidad	GL	SC	CM	FC	Ft	Significancia
PLANTAS DE TRATAMIENTOS	1	0.00245	0.00245	0.00242458	5.98737761	NS
DENTRO DE TRATAMIENTOS	6	6.0629	1.01048333			
Total	7	6.06535				

Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: Realizado el análisis de varianza, los valores nos demuestran que no existen diferencias significativas entre los resultados de Aluminio de las muestras de ambos módulos, hecho que se manifiesta estadísticamente.

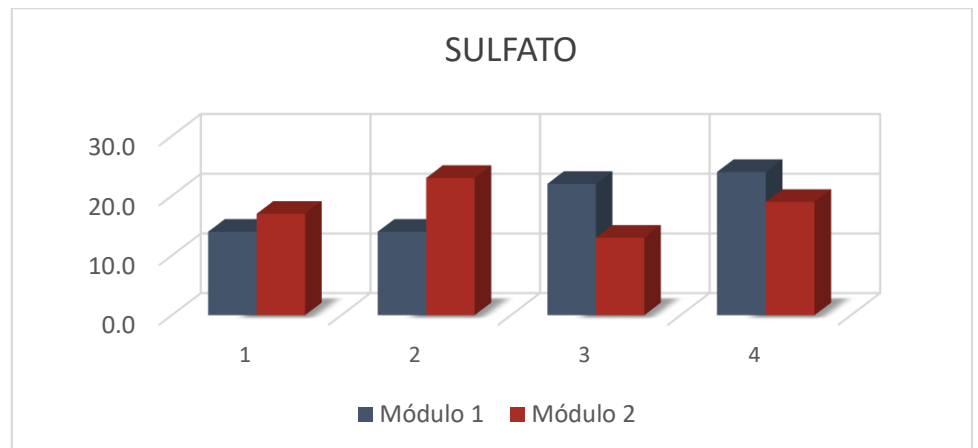
- **Comparación análisis de varianza de Sulfato.**

Tabla 25. Promedio de Sulfato de ambos módulos.

Filtros	Sulfato	
	Módulo 1	Módulo 2
1	14.0	17.0
2	14.0	23.0
3	22.0	13.0
4	24.0	19.0
Promedio	18.5	18.0

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 11. Promedio de Sulfato de ambos módulos.



Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: En la tabla N° 25 y gráfico N° 11, se muestran los valores promedio de Sulfato, obtenidos de los análisis realizados a las muestras de ambos módulos (1 y 2) y se observa que los valores promedios son ligeramente más altos en el módulo 1.

Tabla 26. Análisis de varianza de Sulfato.

Fuentes de variabilidad	GL	SC	CM	FC	Ft	Significancia
PLANTAS DE TRATAMIENTOS	1	0.5	0.5	0.02222222	5.98737761	NS
DENTRO DE TRATAMIENTOS	6	135	22.5			
Total	7	135.5				

Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: Realizado el análisis de varianza, los valores nos demuestran que no existen diferencias significativas entre los resultados de Sulfato de las muestras de ambos módulos, hecho que se manifiesta estadísticamente.

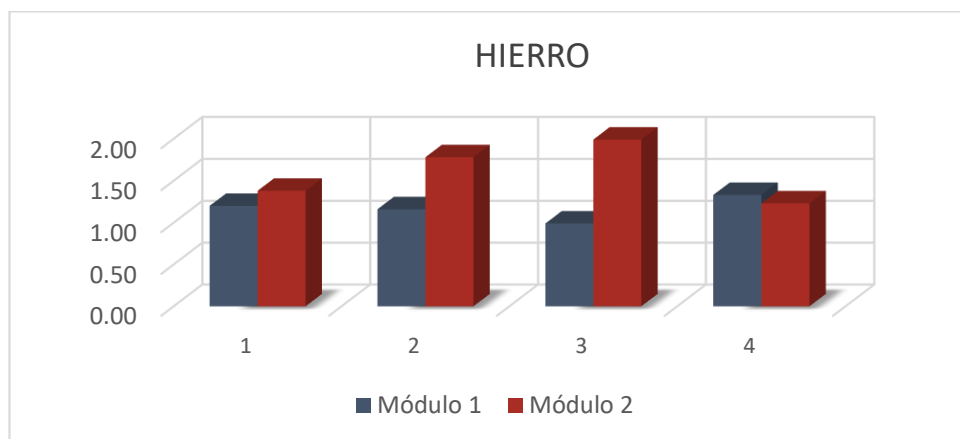
- **Comparación análisis de varianza de Hierro.**

Tabla 27. Promedio de Hierro de ambos módulos.

Filtros	Hierro	
	Módulo 1	Módulo 2
1	1.20	1.38
2	1.16	1.78
3	0.99	1.99
4	1.33	1.23
Promedio	1.17	1.60

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 12. Promedio de Hierro de ambos módulos.



Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: En la tabla N° 27 y gráfico N° 12, se muestran los valores promedio de Hierro, obtenidos de los análisis realizados a las muestras de ambos módulos (1 y 2) y se observa que los valores promedios son más altos en el módulo 2.

Tabla 28. Análisis de varianza de Hierro.

Fuentes de variabilidad	GL	SC	CM	FC	Ft	Significancia
PLANTAS DE TRATAMIENTOS	1	0.36125	0.36125	5.05598321	5.98737761	NS
DENTRO DE TRATAMIENTOS	6	0.4287	0.07145			
Total	7	0.78995				

Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: Realizado el análisis de varianza, los valores nos demuestran que no existen diferencias significativas entre los resultados de Hierro de las muestras de ambos módulos, hecho que se manifiesta estadísticamente.

4.2. Contrastación y prueba de hipótesis

La contrastación y prueba de hipótesis se efectuó, utilizando la prueba de T de Student.

Se hizo la contrastación entre el valor crítico de uno de los parámetros analizados, en este caso el del Ph, obtenido de la tabla de tabulación de la prueba T, y el F calculado (FC) del análisis de varianza (ANVA) del mismo parámetro de pH.

A continuación:

Tabla 29. Prueba t para medias de dos muestras de pH

	Variable 1	Variable 2
Media	7.8725	7.84
Varianza	0.031691667	0.01313333
Observaciones	4	4
Coeficiente de correlación de Pearson	0.498331754	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	3	
Estadístico t	0.415340409	
P(T<=t) una cola	0.352905602	
Valor crítico de t (una cola)	2.353363435	
P(T<=t) dos colas	0.705811205	
Valor crítico de t (dos colas)	3.182446305	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 30. Análisis de Varianza de pH

Fuentes de variabilidad	GL	SC	CM	FC	Ft	Significancia
PLANTAS DE TRATAMIENTOS	1	0.0021125	0.0021125	0.09425544	5.98737761	NS
DENTRO DE TRATAMIENTOS	6	0.134475	0.0224125			
Total	7	0.1365875				

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 31. Contrastación de prueba de hipótesis.

F Calculado (FC)	Valor crítico de T
0.09425544	2.353363435

Fuente: Elaboración Propia

Se observa que el resultado del valor de f calculado no es mayor al valor crítico de la tabla de t. Por lo tanto, los valores están demostrando que se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la presente investigación titulada: “Caracterización fisicoquímica de las aguas residuales del lavado de los filtros de la planta de tratamiento de agua potable Cabritopampa para generar una base de datos, desde julio a octubre – 2018”, se tuvo la siguiente discusión de resultados:

Parámetros fisicoquímicos:

- **Sólidos totales en suspensión (STS):** Los valores de los resultados obtenidos a partir del análisis de varianza realizado, nos demuestra que no existe significancia entre los STS de las muestras de los filtros de ambos módulos. Por otro lado, el resultado final de STS presentado en esta investigación es de 164.2 mg/L, y según los Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario, establecidos en el D.S. N° 021-2009-VIVIENDA, ANEXO N°1, nos indica que para los STS los valores máximos admisibles son de 500 mg/L. Por lo tanto, se observa que dichos valores no sobrepasan las normas establecidas.

El valor obtenido de este parámetro en la investigación se secunda con la tesis desarrollada por (García, 2014) en la que determinó que los valores de los STS alcanzan los 262 mg/L parámetro físico que se encuentra dentro del rango de las normas de los VMA, mientras que con la tesis desarrollada por (Martinez,2012) los valores alcanzan los 2775 mg/L, parámetro que sobrepasa las normas de los VMA.

- Conductividad: Los valores de los resultados obtenidos a partir del análisis de varianza, nos muestra que no existe significancia entre las conductividades de ambos módulos. Por otro lado, según lo establecido en el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM (ECA para agua en la Categoría 3, Referido al riego de vegetales y bebidas de animales), admite valores de conductividad menores o iguales a 5000 us/cm (≤ 5000 us/cm) de presencia de Sales. En este sentido, estas aguas residuales podrían ser utilizados para este fin por no sobrepasar los niveles de dicha norma ya que el resultado final de conductividad presentado en esta investigación es de 146.5 us/cm.

El valor obtenido de este parámetro en la investigación se secunda con la tesis desarrollada por (García, 2014) en la que determinó que los valores de conductividad alcanzan los 150.1 us/cm parámetro físico que se encuentra dentro del rango de las normas de los ECAs.

- Turbidez: Los valores de los resultados obtenidos a partir del análisis de varianza, nos muestra que no existe significancias entre las turbideces de ambos módulos.

El valor obtenido de este parámetro en la presente investigación se secunda con la tesis desarrollada por (García,2014) en la que determinó que los valores de turbidez alcanzan los 198.0 mg/L, resultado muy similar al de esta investigación con valores de 104.6 mg/L.

- Temperatura: Los valores de los resultados obtenidos a partir del análisis de varianza realizado, nos demuestra que no existe significancia entre las temperaturas de las muestras de los filtros de ambos módulos. Por otro lado, el resultado final de temperatura presentado en esta investigación

es de 16.1 °C, y según los Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario, establecidos en el D.S. N° 021-2009-VIVIENDA, ANEXO N°2, nos indica que para la temperatura los valores máximos admisibles son valores menores a 35 °C (<35°C). Por lo tanto, se observa que dichos valores no sobrepasan las normas establecidas.

- PH: Los valores de los resultados obtenidos a partir del análisis de varianza realizado, nos demuestra que no existe significancia entre los pHs de las muestras de los filtros de ambos módulos. Por otro lado, el resultado final de pH presentado en esta investigación es de 7.86, y según los Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario, establecidos en el D.S. N° 021-2009-VIVIENDA, ANEXO N°2, nos indica que para pH el rango es entre 6- 9. Por lo tanto, se observa que dichos valores no sobrepasan las normas establecidas. Además, según lo establecido en el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM (ECA para agua en la Categoría 3, Referido al riego de vegetales y bebidas de animales), admite valores 6.5 a 8.5. En este sentido, estas aguas residuales podrían ser utilizados para este fin por no sobrepasar los niveles de dicha norma. El valor obtenido de este parámetro en la investigación se secunda con la tesis desarrollada por (García, 2014) en la que determinó que los valores de pH alcanzan el 8.4, parámetro que se encuentra dentro del rango de las normas de los VMA y de los ECAs.
- Aluminio: Los valores de los resultados obtenidos a partir del análisis de varianza de realizado, nos demuestra que no existe significancia entre las

concentraciones de aluminio de las muestras de los filtros de ambos módulos. Por otro lado, el resultado final de aluminio presentado en esta investigación es de 6.83 mg/L, y según los Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario, establecidos en el D.S. N° 021-2009-VIVIENDA, ANEXO N°2, nos indica que para concentraciones de aluminio los valores máximos admisibles son valores de 10mg/L. Por lo tanto, se observa que dichos valores no sobrepasan las normas establecidas. Por otro lado, según lo establecido en el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM (ECA para agua en la Categoría 3, Referido al riego de vegetales y bebidas de animales), admite valores de aluminio de 5 mg/L. En este sentido, estas aguas residuales no podrían ser utilizados para este fin por sobrepasar los niveles de dicha norma.

El valor obtenido de este parámetro en la investigación se secunda con la tesis desarrollada por (García, 2014) en la que determinó que los valores de Al alcanzan los 10 mg/L, parámetro químico que se encuentra dentro del rango de las normas de los VMA, pero fuera del rango de los ECAs, mientras que con la tesis desarrollada por (Martinez,2012) los valores alcanzan los 132.61 mg/L, y con la tesis desarrollada por (Salazar y Rondán, 2014) los valores alcanzan los 2412 mg/L, parámetro que sobrepasan en ambas investigaciones los VMA y los ECAs.

- Sulfato: Los valores de los resultados obtenidos a partir del análisis de varianza realizado, nos demuestra que no existe significancia entre las concentraciones de sulfatos de las muestras de los filtros de ambos módulos. Por otro lado, el resultado final de sulfato presentado en esta

investigación es de 18.25 mg/L, y según los Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario, establecidos en el D.S. N° 021-2009-VIVIENDA, ANEXO N°2, nos indica que para el sulfato los valores máximos admisibles son valores de 500 mg/L. Por lo tanto, se observa que dichos valores no sobrepasan las normas establecidas. Por otro lado, según lo establecido en el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM (ECA para agua en la Categoría 3, Referido al riego de vegetales y bebidas de animales), admite concentraciones de sulfatos de 300 mg/L. En este sentido, estas aguas residuales podrían ser utilizados para este fin por no sobrepasar los niveles de dicha norma.

El valor obtenido de este parámetro en la investigación se secunda con la tesis desarrollada por (Martínez, 2012) en la que determinó que los valores de Sulfato alcanzan los 174.76 mg/L, parámetro que se encuentra dentro del rango de las normas de los VMA y de los ECAs.

- Hierro: Los valores de los resultados obtenidos a partir del análisis de varianza realizado, nos demuestra que no existe significancia entre las concentraciones de hierro de las muestras de los filtros de ambos módulos. Por otro lado, según lo establecido en el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM (ECA para agua en la Categoría 3, Referido al riego de vegetales y bebidas de animales), admite concentraciones de hierro de 1 mg/L. En este sentido, estas aguas residuales no podrían ser utilizados para este fin por sobrepasar los niveles de dicha norma ya que el resultado final de hierro presentado en esta investigación es de 1.39 mg/L.

El valor obtenido de este parámetro en la investigación se secunda con la tesis desarrollada por (Salazar y Rondán, 2014) en la que determinaron que los valores de Hierro alcanzan los 325.5 mg/L, parámetro químico que sobrepasa los rangos de las normas de los ECAs.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos planteados en esta investigación para caracterizar los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales de los filtros de la PTAP Cabritopampa y generar una base de datos; en los 4 días de visita técnica, toma de muestras y análisis, se concluye que:

- Las características fisicoquímicas de las aguas de abastecimiento, a partir de los análisis realizados, registraron datos de: 7.98 de Potencial de hidrógeno (pH), 14.4 °C de temperatura, 32.9 UNT de turbidez, 137.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de conductividad, 13.0 mg/L de Sólidos totales en suspensión, 0.07 mg/L de Aluminio, 6.0 mg/L de Sulfato y, 0.31 mg/L de Hierro, lo que nos indica la calidad fisicoquímica del agua cruda que ingresa a la planta.
- El programa de muestreo y caracterización de las aguas residuales del lavado de los filtros, se desarrolló en los tiempos determinados y de la forma esperada sin inconvenientes, salvo lo de los análisis de cloruro que no se llevó a cabo porque no se contaba en ese momento con los reactivos correspondientes.
- Las características fisicoquímicas promedio de las aguas residuales proveniente de los ocho filtros con las que cuenta la Planta de tratamiento de agua potable Cabritopampa, según los análisis realizados, arrojaron concentraciones de 164.2 mg/L de Sólidos totales en suspensión (STS), 6.83 mg/L de Aluminio, 18.25 mg/L de Sulfato, 1.39 mg/L de Hierro, 7.86 de Potencial de hidrógeno (pH), 16.1 °C de temperatura, 104.6 UNT de turbidez y 146.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de conductividad. Lo que nos indica la calidad de las aguas residuales desechados por la empresa en épocas de estiaje.

- Los resultados de los parámetros identificados y analizados nos permitieron crear una base de datos lo suficientemente rica en información para beneficio de la empresa SEDA Huánuco S.A. y para futuras investigaciones.

RECOMENDACIONES

De los resultados y de las conclusiones obtenidas se puede proponer las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda establecer un protocolo de monitoreo de las aguas residuales del lavado de los filtros dentro de la empresa SEDA Huánuco S.A., tomando en cuenta las técnicas e instrumentos usados en esta investigación; y así, poder evaluar las características fisicoquímicas de las mismas en otras épocas hidrológicas.
- Mantener la base de datos creada en esta investigación, enriquecerlo e incorporarlo al sistema de registro histórico de la empresa, para realizar análisis estadísticos y de tendencias teniendo en cuenta diferencias épocas hidrológicas y contar con más información útil.
- Estudiar acerca de las formas y posibilidad de reúso de las aguas residuales del lavado de los filtros, por ejemplo, la recirculación a la cabecera de la planta, entre otras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez Espantoso, César. (2017). Manual: Operación, mantenimiento y control de calidad. SEDA Huánuco S.A. Huánuco, Perú.
- Andía Cárdenas, Yolanda. (2000). Tratamiento de Agua: Coagulación y Floculación. Lima, Perú.
- Barrenechea Martel, Ada. (2004). Coagulación. Lima, Perú.
- Barrenechea Martel, Ada. y Vargas, Lidia. (2004). Desinfección. Lima, Perú.
- Comisión nacional del agua (Conagua) (2016). Diseño de plantas potabilizadoras de tecnología simplificada. México, D.F.
- CEPIS/OPS-HDS 52. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente/ Organización Panamericana de la Salud. (2000). Tecnología CEPIS para el tratamiento de agua: Estado actual. Lima, Perú.
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS). (2002). Operación y mantenimiento de plantas. Lima, Perú.
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS). (1995). Parámetros físicos, carga orgánica y nutrientes. Lima, Perú.
- Fernández Acuña, Sebastián. (2015). Tratamiento y disposición de aguas residuales de plantas de tratamiento de agua potable en Chile (Tesis para optar al título). Santiago de Chile, Chile.
- García, Cristian. (2014). Tratamiento de efluentes para la planta de potabilización Los Cuervos (Tesis para optar al título de Magister). Manizales, Colombia.

- Hernández Sampieri, Roberto. (2014). Metodología de la investigación, 6ta edición. México. D.F.
- Martínez Rojas, Federico. (2010). Evaluación económica de la recirculación de aguas de lavado proveniente de las unidades de filtración rápida de la planta de potabilización Manantiales (Tesis para optar al título). Medellín, Colombia.
- Maldonado Yactayo, Victor. (2004) Sedimentación. Lima, Perú.
- Maldonado Yactayo, Victor. (2004). Filtración. Lima, Perú.
- Moros, Martin. (s.f.). Sistema de abastecimiento de agua potable. Filtros. Venezuela.
- Marco Martínez, Córdova. (2012). Estudio para el tratamiento, manejo y disposición final de lodos generados en plantas de tratamiento de agua potable (Tesis para optar al título). Quito, Ecuador.
- OPS/CEPIS. Organización Panamericana de la Salud/ Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. (2004). Plantas de filtración rápida. Lima, Perú.
- OPS/CEPIS. Organización Panamericana de la Salud/ Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. (2006). Diseño de plantas de tecnología apropiada. Lima, Perú.
- OPS/CEPIS. Organización Panamericana de la Salud/ Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. (2005). Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores. Lima, Perú.
- Organización Panamericana de la Salud. (OPS) (1999). La desinfección del Agua. Lima, Perú.

- Organización Panamericana de la Salud/ Organización mundial de la Salud. (OPS/OMS). (1999). La desinfección del agua. Lima, Perú.
- Orellana, Jorge. (2005) Tratamiento de aguas. Argentina.
- Ramírez Quiróz, Francisco. (2008). Lodos producidos en el tratamiento de agua potable. España.
- Romero, Mynor. (2016). Tratamientos utilizados en potabilización de agua. Guatemala.
- Superintendencia nacional de servicios de saneamiento (SUNASS). (2008). Determinación de la formula tarifaria, estructura tarifaria y metas de gestión aplicable a la empresa municipal SEDA Huánuco S.A. Huánuco, Perú.
- Urania Abreu, Rosa. (2001). Manual de Operación y Mantenimiento- Planta de Tratamiento Haina-Manogwayabo. Santo Domingo, República Dominicana.
- Salazar, Yanira y Rondán, Gianfranco. (2014). Uso de lodos generados en los decantadores de una planta de tratamiento de agua potable como materia prima para la elaboración de ladrillos de construcción (Tesis para optar al título). Arequipa, Perú.
- Solsona, Felipe. Y Méndez, Juan Pablo. (2002). Desinfección del agua. Lima, Perú.
- Vargas, Lidia. (2004). Procesos unitarios y plantas de tratamiento. Lima, Perú.
- Vargas, Lidia. (s.f.). Filtración lenta como proceso de desinfección. Lima, Perú.

ANEXOS

**ANEXO N° 1 – APROBACIÓN DEL PROYECTO DE TRABAJO DE
INVESTIGACIÓN**

**UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Facultad de Ingeniería**

RESOLUCIÓN N°582-2018-CF-FI-UDH

Huánuco, 12 de Julio de 2018

Visto, el Oficio N° 322-C-PAIA-FI-UDH-2018, del Coordinador Académico de Ingeniería Ambiental, referente al bachiller Sara Victoria, ESPINOZA ALVAREZ, del Programa Académico Ingeniería Ambiental Facultad de Ingeniería, quien solicita Aprobación del Proyecto de Investigación;

CONSIDERANDO:

Que, según Resolución N° 529-99-CO-UH, de fecha 06.09.99, se aprueba el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería, vigente;

Que, según el Expediente 1241-18, del Programa Académico de Ingeniería Ambiental, Informa que el Proyecto de Investigación Presentado por el bachiller Sara Victoria, ESPINOZA ALVAREZ, ha sido aprobado, y

Que, según Oficio N° 322-C-PAIA-FI-UDH-2018 del Presidente de la Comisión de Grados y Títulos del Programa Académico de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería, Informa que el recurrente ha cumplido con levantar las observaciones hechas por la Comisión de Grados y Títulos, respecto al Proyecto de Investigación; y

Estando a lo acordado por el Consejo de Facultad de fecha 12 de julio de 2018 y normado en el Estatuto de la Universidad, Art. N° 44 inc.r);

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - APROBAR, el Proyecto de Investigación Titulado:

“CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL LAVADO DE LOS FILTROS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE CABRITOPAMAPA PARA GENERAR UNA BASE DE DATOS - 2018” presentado por el bachiller Sara Victoria, ESPINOZA ALVAREZ, para optar el Título de Ingeniera Ambiental del programa académico de ingeniería ambiental de la Universidad de Huánuco.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE, ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CONSEJO DE FACULTAD
[Signature]
Ing. JOHNNY P. JACHA ROJAS
SECRETARIO OCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
[Signature]
Mg. Ricardo Sachun García
DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Distribución:

Fac. de Ingeniería – D PIA – CGT – Asesor – Exp. Graduando – Interesado – Archivo.

ANEXO N° 2 – RESOLUCIÓN DE NOMBRAMIENTO DE ASESOR

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO *Facultad de Ingeniería*

RESOLUCIÓN N° 550-2018-D-FI-UDH

Huánuco, 13 de junio de 2018

Visto, el Oficio N° 289-C-EAPIA-FI-UDH-2018 presentado por el Coordinador de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental y el Expediente N° 958-18-FI, presentado por el (la) estudiante **Sara Victoria, ESPINOZA ALVAREZ**, quién desarrollará el proyecto de Tesis, quién solicita Asesor de Tesis.

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Nueva Ley Universitaria 30220, Capítulo V, Art 45º inc. 45.2, es procedente su atención, y;

Que, según el Expediente N° 958-18-FI, presentado por el (la) estudiante **Sara Victoria, ESPINOZA ALVAREZ**, quién desarrollará el proyecto de Tesis, quién solicita Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación, el mismo que propone al Ing. Heberto Calvo Trujillo, como Asesor de Tesis, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 27º y 28º del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

Estando a Las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Único.- DESIGNAR, como Asesor de Tesis de la estudiante **Sara Victoria, ESPINOZA ALVAREZ**, al Ing. Heberto Calvo Trujillo, Docente de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería.

Regístrese, comuníquese, archívese



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CONSEJO DE FACULTAD
Ing. JOHNNY P. JACHA ROJAS
SECRETARIO DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Ing. Ricardo Sachun García
DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Distribución:

Fac. de Ingeniería – EAPIA– Asesor – Mat. y Reg. Acad. – File Personal – Interesado – Archivo.
RSG/JPJR/nto.

ANEXO N° 3 - MATRIZ DE CONSISTENCIA								
	PROBLEMA GENERAL	PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	METODOLOGÍA
“CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL LAVADO DE LOS FILTROS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE CABRITOPAMPA-DISTRITO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO-PARA GENERAR UNA BASE DE DATOS, DESDE JULIO A OCTUBRE- 2018”	¿Los parámetros físicoquímicos de las aguas residuales del lavado de los filtros de la planta de tratamiento de agua potable Cabritopampa nos permitirá generar una base de datos?	Los parámetros físicoquímicos obtenidos de las aguas de abastecimiento nos permitirán generar una base de datos.	Realizar la caracterización físicoquímica de las aguas residuales del lavado de los filtros de la planta de tratamiento de agua potable Cabritopampa para generar una base de datos.	- Determinar los parámetros físicoquímicos de las aguas de abastecimiento - Desarrollar la caracterización físicoquímica de las aguas residuales. - Crear la base de datos	Hipótesis General Ha: Los parámetros físicoquímicos de las aguas residuales del lavado de los filtros de la planta de tratamiento de agua potable Cabritopampa nos permitirá generar una base de datos. H0: Los parámetros físicoquímicos de las aguas residuales del lavado de los filtros de la planta de tratamiento de agua potable Cabritopampa no nos permitirá generar una base de datos.	VI: Aguas residuales del lavado de los filtros.	Características físicoquímicas de las aguas residuales.	Tipo de investigación : - Descriptivo. Diseño de investigación : - Cuasi experimental - exploratorio transversal.
		- Los parámetros físicoquímicos obtenidos de las aguas residuales provenientes del lavado de los filtros, nos permitirá generar una base de datos. - Los resultados de los parámetros físicoquímicos de las aguas de abastecimiento y de las aguas residuales de los filtros, nos permitirá tener una base de datos.				VD: Generación de base de datos.	Características físicoquímicas de las aguas residuales.	Técnica de recolección de datos: - Observación - Fichaje.

ANEXO N° 4 - FICHA DE CAMPO

- N° DE PTAP (MÓDULO): 0-
- N° DE FILTRO: 0-
- FECHA: //
- HORA DE LAVADO: --:--
- TIPO DE MUESTRA:
- PARÁMETROS IN SITU:
 - pH =
 - Temperatura =
 - Turbiedad =
 - Conductividad =
- PERSONAL DE APOYO DE TURNO:
- OBSERVACIONES:

ANEXO N° 5 - PANEL FOTOGRÁFICO



Fotografía N° 1. Toma de muestra en los primeros minutos del lavado.



Fotografía N° 2. Toma de muestra en minutos intermedios del lavado.



Fotografía N° 3. Toma de muestra en los últimos minutos del lavado.



Fotografía N° 4. Medición de pH, temperatura, turbidez y conductividad de la muestra.

FICHA DE CAMPO

* N° DE AMP: 01
 * N° DE FILTRO: 01
 * FECHA: 20/07/18
 * HORA: 8:40 am
 * TIPO DE F.: Compuesto.
 * PARÁMETROS: N° SITU:
 PH: 8.
 T°: 15.6°C.
 VIT: 107
 N° SITU: 144.0

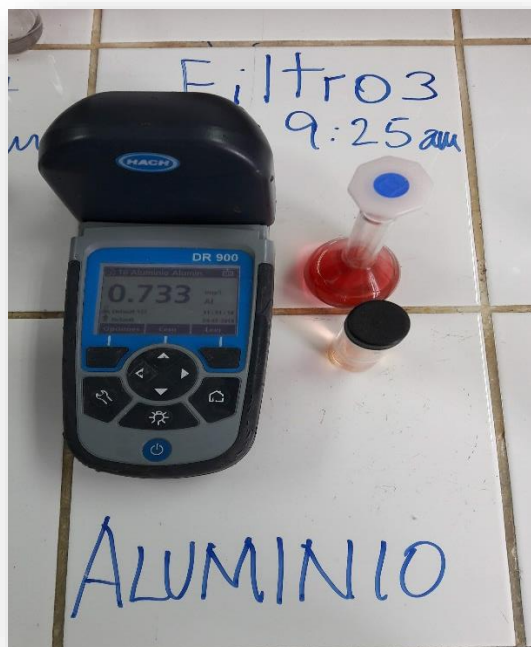
* PERSONAL DE APOYO: DIMAS

* OBSERVACIONES: Agua Oscura.
 Lavado terminó
 en el tiempo
 indicado

Fotografía N° 5. Ficha de campo con los datos obtenidos de un filtro.



Fotografía N° 6. Medición de Hierro en las muestras de agua residual.



Fotografía N° 7. Medición de Aluminio en las muestras de agua residual diluidos al 10%.



Fotografía N° 8. Medición de Sulfato en las muestras de agua residual.



Fotografía N° 9. Filtrado de las muestras (100ml) de aguas residuales para el análisis de STS.



Fotografía N° 10. Papel filtro colocado en la estufa a 105°C.



Fotografía N° 11. Papel filtro colocado en el desecador para su posterior pesado.



Fotografía N° 12. Medición de Sulfato en las muestras de agua de abastecimiento (cruda).



Fotografía N° 13. Medición de Hierro en las muestras de agua de abastecimiento (cruda).



Fotografía N° 14. Medición de Aluminio en las muestras de agua de abastecimiento (cruda).

**ANEXO N° 6. DOCUMENTO EMITIDO POR LA
INSTITUCIÓN QUE ACREDITA LA APLICACIÓN DE LA
INVESTIGACIÓN**



EPS SEDA HUÁNUCO S.A.
Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento Municipal de Agua Potable
y Alcantarillado de Huánuco Sociedad Anónima.
COORDINACIÓN DE PRODUCCIÓN



"AÑO DEL DIÁLOGO Y LA RECONCILIACIÓN NACIONAL"

EL QUE SUSCRIBE

CERTIFICA

QUE LA SRTA BACHILLER EN INGENIERÍA AMBIENTAL **SARA VICTORIA ESPINOZA ALVAREZ** A REALIZADO PRUEBAS DE CAMPO Y LABORATORIO A FIN DE REALIZAR LA CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICO DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL LAVADO DE LOS FILTROS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE – CABRITO PAMPA, CON LA FINALIDAD DE GENERAR UNA BASE DE DATOS QUE NOS PERMITA IMPLEMENTAR POZAS DE TRATAMIENTO DE LODOS.

SE EMITE EL PRESENTE CERTIFICADO A SOLICITUD DE LA INTERESADA PARA LOS FINES QUE CREA CONVENIENTE

HUÁNUCO, 12 DE OCTUBRE DEL 2018



SEDA HUÁNUCO S.A.

Ing. César Antonio Álvarez Espantoso
Reg. CIP 75746
Coordinador de Producción

SEMBREMOS UN ÁRBOL.

Protejamos el medio ambiente imprimiendo por ambas caras del papel.

Planta de Tratamiento ☎(062) 512234; 📠 941723133 y 936775564.

Página 1 de 1