

|UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA

(Creado por ley N° 25265)

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

AMBIENTAL Y SANITARIA



TESIS

**REMOCIÓN DE CARGA ORGÁNICA DE AGUAS
RESIDUALES DOMÉSTICAS POR EL MÉTODO DE
COAGULACIÓN CON SULFATO DE ALUMINIO EN EL
LUGAR AGUA DE VICHÍ – SANTA ANA -
HUANCVELICA**

LINEA DE INVESTIGACIÓN:

TECNOLOGÍA AMBIENTAL Y/O SANITARIA

PRESENTADO POR:

Bach. JANAMPA CHOQUE, YULISA

Bach. QUIROZ QUISPE, MARI LUZ

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL Y SANITARIO

HUANCVELICA – PERÚ

2021



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA



ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS

En la ciudad de Huancavelica, a los un día (01) del mes de octubre del año 2021, siendo las tres y media de la tarde (3:30 pm.), se reunieron los miembros del Jurado Calificador conformado por los docentes: Mg. Pedro Antonio Palomino Pastrana (Presidente), Mg. Wilfredo Sáez Huamán (Secretario), M.Sc. Mabel Yesica Escobar Soldevilla (Vocal), reestructurado con Resolución de Decano N° 041-2020-FCI-UNH, de fecha 23 de octubre del 2020, a fin de proceder con la sustentación y calificación virtual mediante el aplicativo MEET del informe final de tesis titulado: **“REMOCIÓN DE CARGA ORGÁNICA DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS POR EL MÉTODO DE COAGULACIÓN CON SULFATO DE ALUMINIO EN EL LUGAR AGUA DE VICHISANTA ANA-HUANCVELICA”**, presentada por las Bachilleres **Yulisa JANAMPA CHOQUE** y **Mari Luz QUIROZ QUISPE**, para optar el **Título Profesional de Ingeniero Ambiental y Sanitaria**. Finalizada la sustentación virtual a horas 4:38 pm; se comunicó a las sustentantes y al público en general que los Miembros del Jurado abandonará el aula virtual para deliberar el resultado:

Yulisa JANAMPA CHOQUE

APROBADO POR UNANIMIDAD

DESAPROBADO

Mari Luz QUIROZ QUISPE

APROBADO POR MAYORIA

DESAPROBADO

En señal de conformidad, firmamos a continuación:



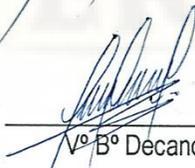
Presidente



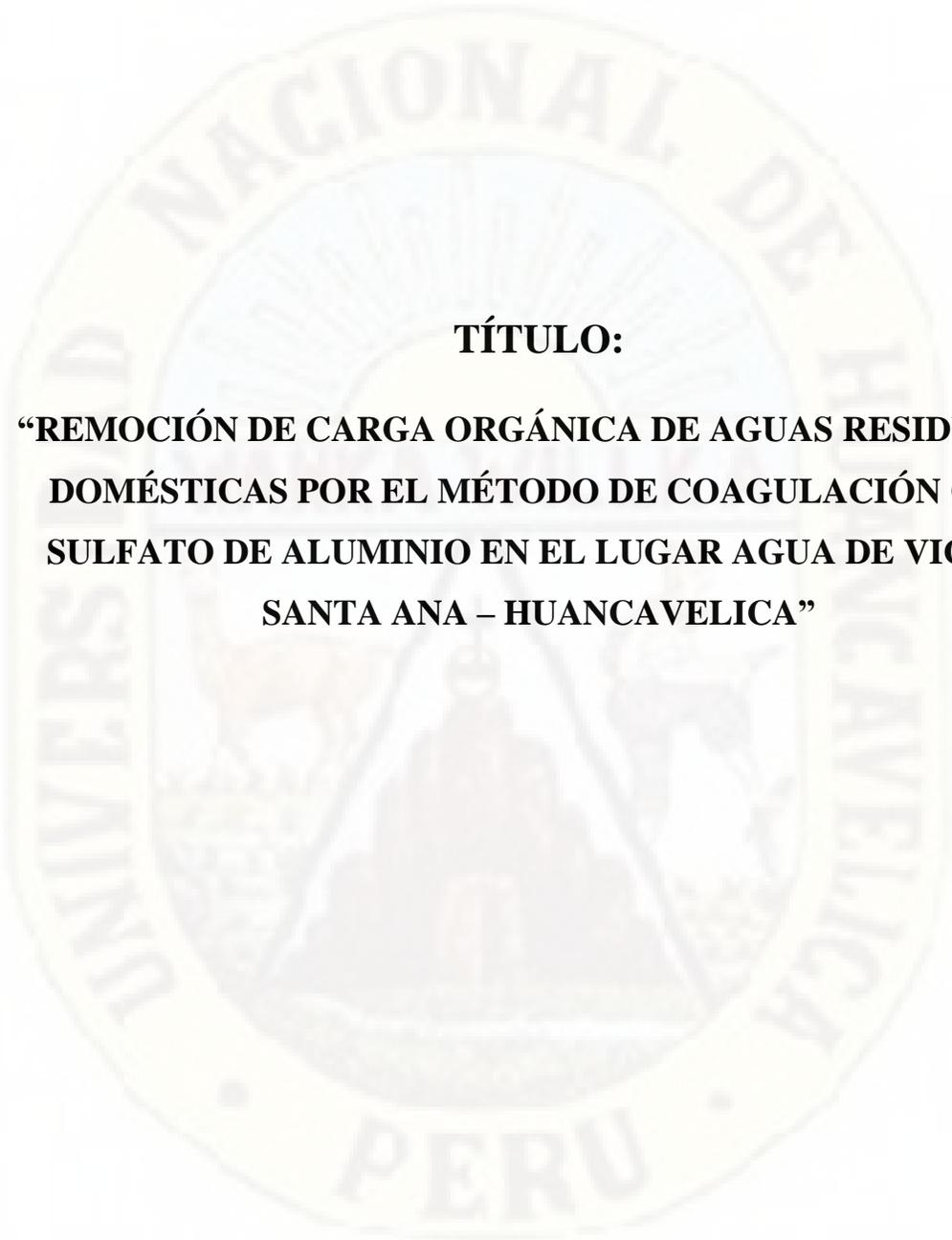
Secretario



Vocal

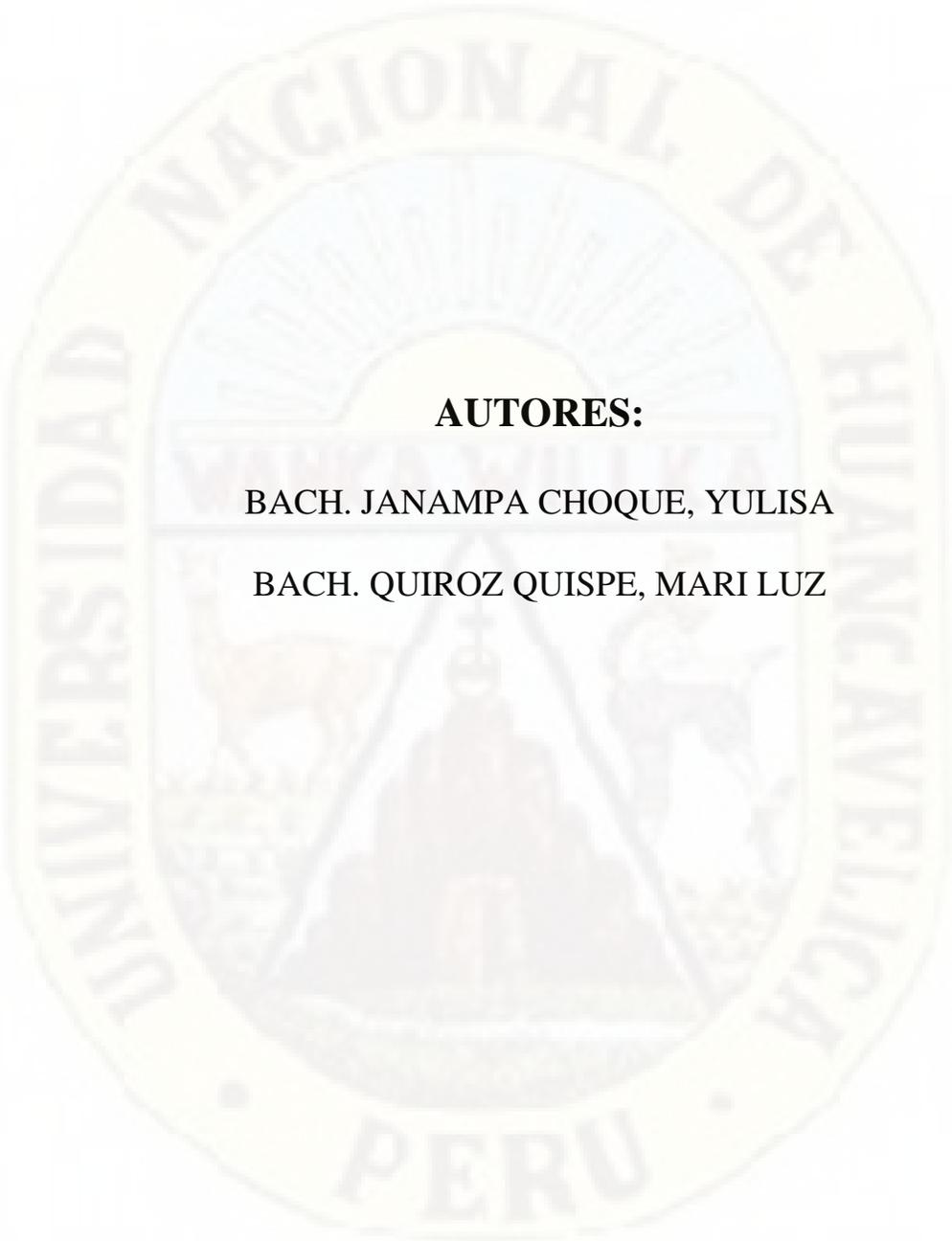


N° B° Decano



TÍTULO:

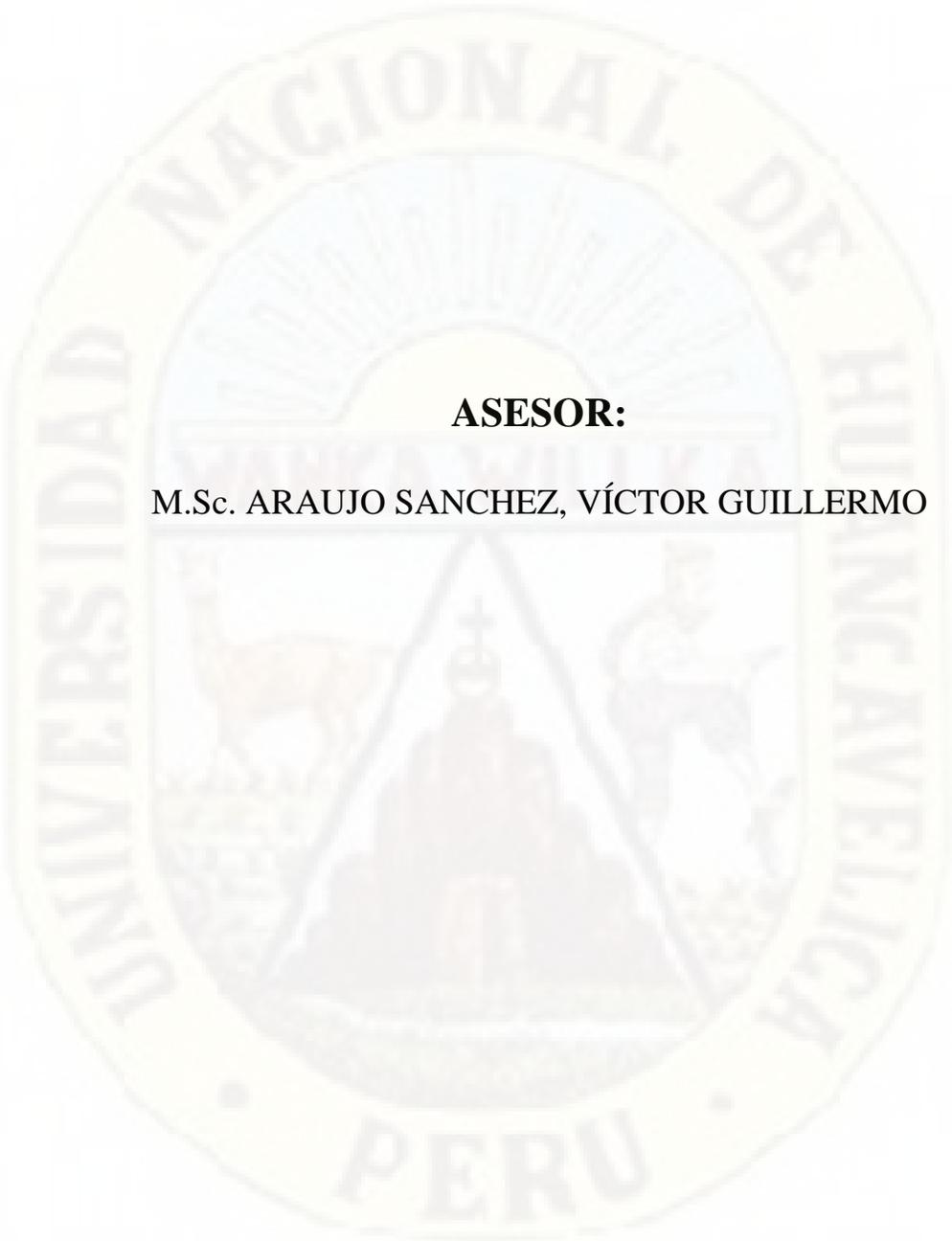
**“REMOCIÓN DE CARGA ORGÁNICA DE AGUAS RESIDUALES
DOMÉSTICAS POR EL MÉTODO DE COAGULACIÓN CON
SULFATO DE ALUMINIO EN EL LUGAR AGUA DE VICHÍ -
SANTA ANA – HUANCVELICA”**



AUTORES:

BACH. JANAMPA CHOQUE, YULISA

BACH. QUIROZ QUISPE, MARI LUZ



ASESOR:

M.Sc. ARAUJO SANCHEZ, VÍCTOR GUILLERMO



DEDICATORIA:

El presente trabajo de investigación se lo dedicamos principalmente a Dios, creador de todas las cosas, por habernos dado la vida y por permitirnos llegar hasta este momento tan importante de nuestra formación profesional. A nuestros padres que son el pilar más importante, quienes han sabido formarnos con buenos sentimientos, hábitos y valores, por demostrarnos siempre su cariño y apoyo incondicional.



AGRADECIMIENTO:

Agradecemos a Dios por darnos la vida, por protegernos siempre y darnos fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de nuestras vidas.

A nuestros padres, por su apoyo incondicional, por la confianza y el apoyo que nos brinda en cada etapa de nuestras vidas, corrigiendo faltas y celebrando triunfos.

A las personas que nos han brindado su apoyo tanto en nuestro trabajo de investigación y toda la etapa de nuestra formación profesional.

ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	i
ACTA DE SUSTENTACION	ii
TÍTULO	iii
AUTORES	iv
ASESOR	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	xvi
CAPÍTULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Descripción y formulación del problema	1
1.2 Objetivos	4
1.2.1 Objetivo general	4
1.2.2 Objetivos específicos	4
1.3 Justificación	5
1.4 Limitaciones	6
CAPÍTULO II	8
MARCO TEORICO.....	8
2.1 Antecedentes	8
2.2 Bases teóricas	23
2.3 Bases conceptuales	33
2.4 Definición de términos	45
2.5 Hipótesis	50

2.6	Variables.....	53
2.7	Operacionalización de variables.....	54
CAPÍTULO III.....		55
METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION		55
3.1	Ámbito temporal y espacial.....	55
3.2	Tipo de investigación	58
3.3	Nivel de investigación	58
3.4	Población, muestra y muestreo.....	59
3.5	Instrumentos y técnicas para la recolección de datos.....	61
3.6	Técnicas y procesamiento de análisis de datos	97
CAPÍTULO IV		98
PRESENTACION DE RESULTADOS		98
4.1	Análisis de información.....	98
4.2.	Principios de la investigación y prueba de Hipótesis	108
4.3.	Discusión de resultados	132
CONCLUSIONES		138
RECOMENDACIONES		139
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		140

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición De Las Aguas Residuales Domésticas.....	34
Tabla 2 Normatividad Aplicada: Resolución 330 2017 MVCS.....	36
Tabla 3 Concentración de los Sustituyentes Principales.....	38
Tabla 4 Carga de Superficie.....	41
Tabla 5 Propiedades del Sulfato de Aluminio Liquido.....	45
Tabla 6 Operacionalización de Variables.....	54
Tabla 7 Cronograma Designado/.....	55
Tabla 8 Muestras para Análisis de Parámetros Físicos Químicos de Cada Dosis de Coagulante.....	60
Tabla 9 Volumen Mínimo de Muestras.....	65
Tabla 10 Remoción de carga orgánica con sulfato de aluminio.....	99
Tabla 11 Comportamiento de Parámetro Temperatura.....	100
Tabla 12 Remoción de Parámetro Turbiedad.....	101
Tabla 13 Remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5).....	102
Tabla 14 Remoción de la Demanda Química de Oxígeno (DQO).....	104
Tabla 15 Comportamiento de Parámetro Potencial de Hidrogeno.....	106
Tabla 16 Dosis Óptima de coagulante.....	107
Tabla 17 Comprobación por Medio de Procesos de Intervalos de Confianza.....	108
Tabla 18 Test de Normalidad para los Parámetros de Coagulación con Sulfato de Aluminio.....	109
Tabla 19 Test de Levene para Homogeneidad de Varianzas de Parámetros Físicos Químicos de las Aguas Residuales de lugar Agua de Vichi.....	110
Tabla 20 Análisis de Varianza (ANOVA) de la Eficiencia de Remoción del Coagulante de Sulfato de Aluminio.....	115
Tabla 21 Prueba de Medias de Tuckey en las Unidades de Tratamiento de la Dosis Óptima (mg/l) de la Eficiencia de Remoción de Coagulante de Sulfato de Aluminio. ..	117

Tabla 22 <i>Análisis de Varianza (ANOVA) del Coagulante de Sulfato de Aluminio para el Parámetro Físico de Temperatura.....</i>	118
Tabla 23 <i>Prueba de Medias de Tukey en las Unidades de Tratamiento de la Dosis Óptima (mg/l) del Coagulante de Sulfato de Aluminio.....</i>	119
Tabla 24 <i>Análisis de Varianza (ANOVA) del Coagulante de Sulfato de Aluminio para el Parámetro Físico de Turbiedad.....</i>	120
Tabla 25 <i>Prueba de Medias de Tukey en las Unidades de Tratamiento de la Dosis Óptima (mg/l) del Coagulante de Sulfato de Aluminio.....</i>	121
Tabla 26 <i>Análisis de Varianza (ANOVA) del Coagulante de Sulfato de Aluminio para el Parámetro Químico de Demanda Bioquímica de Oxígeno.....</i>	122
Tabla 27 <i>Prueba de Medias de Tukey en las Unidades de Tratamiento de la Dosis Óptima (mg/l) del Coagulante de Sulfato de Aluminio.....</i>	124
Tabla 28 <i>Análisis de Varianza (ANOVA) del Coagulante de Sulfato de Aluminio para el Parámetro Químico de Demanda Química de Oxígeno.....</i>	125
Tabla 29 <i>Prueba de Medias de Tukey en las Unidades de Tratamiento de la Dosis Óptima (mg/l) del Coagulante de Sulfato de Aluminio.....</i>	126
Tabla 30 <i>Análisis de Varianza (ANOVA) del Coagulante de Sulfato de Aluminio para el Parámetro Químico de pH.....</i>	127
Tabla 31 <i>Prueba de Medias de Tukey en las Unidades de Tratamiento de la Dosis Óptima (mg/l) del Coagulante de Sulfato de Aluminio.....</i>	129
Tabla 32 <i>Matriz de Consistencia.....</i>	146
Tabla 33 <i>Resultados de Parámetros Físico Químicos del Primer Ensayo de Prueba de Jarras.....</i>	147
Tabla 34 <i>Resultados de Parámetros Físico Químicos del Segundo Ensayo de Prueba de Jarras.....</i>	147
Tabla 35 <i>Resultados de Parámetros Físico Químicos del Tercer Ensayo de Prueba de Jarras.....</i>	148
Tabla 36 <i>Requisitos para Toma de Muestra de Agua Residual.....</i>	161

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1</i> Coagulación	26
<i>Figura 2</i> Fuerza de atracción y repulsión.....	27
<i>Figura 3</i> Atrapamiento de las partículas en un floc.....	28
<i>Figura 4</i> Coagulación por adsorción.....	29
<i>Figura 5</i> Doble capa de una partícula coloidal.....	30
<i>Figura 6</i> Ubicación de la zona de investigación.....	57
<i>Figura 7</i> Punto de muestreo	64
<i>Figura 8</i> Registro de datos de campo.....	66
<i>Figura 9</i> Medición de parámetros de campo (pH y Temperatura).....	67
<i>Figura 10</i> Toma de muestra parámetro DBO5.....	68
<i>Figura 11</i> Toma de muestra parámetro DQO.....	69
<i>Figura 12</i> Toma de muestra parámetro Turbiedad.....	70
<i>Figura 13</i> Toma de muestra para ensayo Prueba de Jarras.....	71
<i>Figura 14</i> Almacenamiento de muestras para su transporte	72
<i>Figura 15</i> Almacenamiento de muestra para Prueba de Jarras	72
<i>Figura 16</i> Peso de sulfato de aluminio 2g en balanza analítica.....	74
<i>Figura 17</i> Solución de sulfato de aluminio al 2%.....	74
<i>Figura 18</i> Equipo de Pruebas de Jarras	75
<i>Figura 19</i> Probeta graduada con 1 litro de muestra	76
<i>Figura 20</i> Colocación de paletas de agitación en cada jarra.....	79
<i>Figura 21</i> Colocado de flotadores en cada jarra.....	80
<i>Figura 22</i> Toma de muestras de cada dosis de coagulante empleado en las 6 jarras....	81
<i>Figura 23</i> Multiparámetro HQ40d.....	81
<i>Figura 24</i> Turbidímetro portátil 2100Q.....	82
<i>Figura 25</i> Vasos precipitados con su respectiva muestra de agua residual.....	84
<i>Figura 26</i> Probeta graduada para medir 1L de muestra.....	85
<i>Figura 27</i> Proceso de Coagulación - mezcla rápida	88

Figura 28 Análisis de parámetro turbiedad en el segundo ensayo.....	89
Figura 29 Proceso de coagulación en el tercer ensayo de prueba de jarras	94
Figura 30 Medición de pH con multiparámetro HQ40d.....	95
Figura 31 Análisis de parámetro turbiedad.....	96
Figura 32 Gráfica del valor crítico y el valor de Fisher.....	116
Figura 33 Gráfica del valor crítico y el valor de Fisher.....	118
Figura 34 Grafica del valor crítico y el valor de Fisher.....	120
Figura 35 Grafica del valor crítico y el valor de Fisher.....	123
Figura 36 Grafica del valor crítico y el valor de Fisher.....	125
Figura 37 Gráfica del valor crítico y el valor de Fisher.....	128
Figura 38 Reporte de Análisis DBO5 del Ensayo de Jarras N°1	149
Figura 39 Reporte de Análisis DQO del Ensayo de Jarras N°1	150
Figura 40 Reporte de Análisis DBO5 del Ensayo de Jarras N°2	151
Figura 41 Reporte de Análisis DQO del Ensayo de Jarras N°2	152
Figura 42 Reporte de Análisis DBO5 del Ensayo de Jarras N°3	153
Figura 43 Reporte de Análisis DQO del Ensayo de Jarras N°3	154
Figura 44 Hoja de campo para muestreo	162
Figura 45 Etiqueta para muestras de agua residual.....	163
Figura 46 Registro de cadena de custodia.....	163

RESUMEN

El objetivo de nuestra investigación fue determinar la eficiencia de remoción de la carga orgánica de aguas residuales domésticas por el método de coagulación con sulfato de aluminio en el lugar denominado Agua de Vichi – Santa Ana, del distrito de Huancavelica, región Huancavelica, donde se tiene una cámara de reunión de caudales de aguas residuales domésticas proveniente del barrio de Santa Ana, dicha Cámara que tiene una estructura de concreto en forma de canal rectangular, está ubicado en el lugar Agua de Vichi. Estas aguas residuales son descargadas al río Ichu sin previo tratamiento. Para aplicar el método de coagulación se tuvo que realizar el ensayo de prueba de jarras y obtener una dosis óptima del coagulante para un mayor porcentaje de remoción de carga contaminante, previo a ello se realizó el muestreo respectivo para obtener muestras de agua residual doméstica y enviar a laboratorio para su análisis respectivo de los parámetros DBO5, DQO, Turbiedad, pH y Temperatura, de igual manera se tomó muestras de agua residual 30 L aproximadamente para realizar el ensayo de Prueba de jarras en el laboratorio de la empresa prestadora de servicios “EMAPA”

Una vez realizada el ensayo de prueba de jarras se obtuvo la dosis óptima del coagulante, las cuales fueron 100 mg/l y 120 mg/l donde se obtiene mayores porcentajes de remoción de carga contaminante, para el cual se calculó la eficiencia de remoción, obteniendo en promedio los siguientes resultados: parámetro Turbiedad se obtuvo una eficiencia del 71.16 %, parámetro Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) se obtuvo una eficiencia de 73.79% y el parámetro Demanda química de oxígeno (DQO) se obtuvo 66.26% de eficiencia. A una temperatura promedio de 14 C° y potencial de hidrógeno (pH) 7.5.

Palabras clave: Coagulación, aguas residuales, sulfato de aluminio.

ABSTRACT

The objective of our research was to determine the efficiency of removal of the organic load of domestic wastewater by the coagulation method with aluminum sulfate in the place called Agua de Vichi – Santa Ana, of the district of Huancavelica, Huancavelica region, where you have a collection chamber of domestic wastewater flows from the neighborhood of Santa Ana, said Chamber that has a concrete structure in the form of a rectangular channel, is located in the place Of Water. These wastewaters are discharged into the Ichu River without prior treatment. To apply the coagulation method, the jug test had to be performed and an optimal dose of the coagulant was obtained for a higher percentage of contaminant load removal, prior to this, the respective sampling was carried out to obtain domestic wastewater samples and to be sent to the laboratory for their respective analysis of the DBO5, DQO, Turbid, pH and Temperature parameters, as well as approximately 30 L wastewater samples were taken to perform the jug test in the laboratory of the service provider "EMAPA"

Once the jug test was carried out, the optimal dose of the coagulant was obtained, which were 100 mg/l and 120 mg/l where higher percentages of contaminant load removal are obtained, for which the removal efficiency was calculated, obtaining on average the following results: Turbidity parameter was obtained an efficiency of 71.16 %, parameter Biochemical oxygen demand (DBO5) was obtained an efficiency of 73.79 and the chemical oxygen demand (DQO) parameter was obtained 66.26% efficiency. At an average temperature of 14 Co and hydrogen potential (pH) 7.5.

Keywords: Coagulation, wastewater, aluminum sulfate.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto contribuye a reducir la contaminación por aguas residuales domésticas que no son tratadas, a través de la búsqueda de una tecnología que sea relativamente económica pero no menos eficiente que los sistemas convencionales, y por ende colaborando con la preservación del medio ambiente.

Para este fin se plantea el tratamiento del afluente de aguas residuales domésticas en el lugar denominado Agua de Vichi del sector de Santa Ana – distrito de Huancavelica, región Huancavelica, mediante el método de coagulación, con el propósito de optimizar la remoción de contaminantes, para su posterior descarga al cuerpo receptor río Ichu. Los procesos de tratamientos de las aguas residuales se basan en el aplicado de las tecnologías que ya se conocen para la mejora y el aumento de la calidad de agua residual y el proceso físico y químico cumplen un rol primordial en el tratamiento de las aguas residuales, solos o en mezclas con los métodos mecánicos, químicos y biológicos. Por lo que el presente trabajo de investigación, tiene por finalidad determinar la remoción de la carga orgánica de las aguas residuales domésticas por el método de coagulación con sulfato de aluminio, donde se describirá la coagulación mediante la adición de sulfato de aluminio, que ayudará en el aumento de tamaño de partículas en suspensión formando los flocs, para facilitar la precipitación y esta puede ser separado.

La presente investigación presenta los siguientes capítulos: En el capítulo I: desarrolla el planteamiento del problema, objetivos del proyecto de investigación. El capítulo II: presenta el marco teórico, los antecedentes, y definición de los términos importantes. El capítulo III: desarrolla la metodología de investigación: Tipo, nivel, método, diseño, población, muestra, técnicas e instrumentos de investigación que se emplea en el presente trabajo de investigación y el capítulo IV: elabora los aspectos administrativos, el cronograma de actividades, presupuesto del proyecto de investigación. Finalmente, la referencia bibliográfica, anexo y propuesta de instrumento.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción y formulación del problema

1.1.1 Descripción del problema

En la actualidad nos enfrentamos a un inmenso reto mundial de la contaminación de las fuentes de agua, como son los ríos, los océanos, los canales, los lagos y los embalses originados por el crecimiento demográfico el cual ha traído consigo un problema de contaminación de los cuerpos de agua, ocasionado por el vertimiento de las aguas residuales sin tratamiento. A causa de ello es prioritario generar proyectos para atenuar esta problemática, garantizando la descontaminación ambiental y la salud pública. (ONU Para la Educación la Ciencia y la Cultura, 2019)

Las cifras muestran por sí solas como muestra el informe, casi un tercio de la población mundial no cuentan con servicios de agua potable y saneamiento, si la degradación del medio ambiente natural y las precisiones insostenibles sobre los recursos hídricos mundiales continúan el ritmo actual, el 45% del PBI global 52% de la población mundial y el 40% de la productividad mundial de cereales estarán en riesgo para el año 2050, los centros poblados pobres y marginadas se verán afectadas desproporcionadamente, agravando aún más las desigualdades que ya se están incrementando sobre la alimentación y la

nutrición, desastres y migración. (ONU Para la Educación la Ciencia y la Cultura, 2019, pág. 1)

En el Perú, a fines del 2007, el 63.6% de la población urbana tuvo servicio de alcantarillado administrado por empresas prestadoras de servicio (EPS). Durante ese año los sistemas de alcantarillado recolectaron aproximadamente 747,3 millones de metros cúbicos de aguas residuales, producto de las descargas de los usuarios que utilizaban el servicio. De ese volumen, solo el 29,1% ingresaron a un sistema de tratamiento de aguas residuales, muchos de los cuales con deficiencias operativas y de mantenimiento, y el resto se descargó directamente a un cuerpo de agua (mar, ríos o lagos), se infiltró en el suelo o se usó clandestinamente para fines agrícolas. Es decir, al menos 530,0 millones de metros cúbicos de aguas residuales pasaron a contaminar los cuerpos de aguas superficiales, generando el deterioro de ecosistemas, produce limitaciones para la agroexportación e incrementa los costos de tratamiento de agua para fines de abastecimiento poblacional. (Superintendencia Nacional de Servicio de Saneamiento (SUNASS), 2008, pág. 5)

En el país, de un total de 143 plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), pocos son los proyectos que tuvieron éxito. Ello se debe a muchos factores como: fallas de diseño, inadecuada operación y mantenimiento de las inversiones.

Las aguas residuales, están compuestas por materias orgánicas e inorgánicas que sin un tratamiento apropiado constituyen un elevado riesgo para la salud pública y el ambiente. (Superintendencia Nacional de Servicio de Saneamiento (SUNASS), 2008, pág. 5)

El resultado obtenido en el tratamiento de las aguas residuales (0%) está muy debajo del promedio de la EPS pequeñas (9.90%) y del promedio

correspondiente al total de las EPS municipales (50.80%), según los reportes de la SUNASS, EMAPA Huancavelica S.A. no se está tratando de manera adecuada las aguas residuales, esto por motivo a que no cuentan con la infraestructura física adecuada, por lo que son descargadas al río Ichu, lo que ocasiona un impacto negativo en el ambiente. (EMAPA HUANCAVELICA, 2015, pág. 30)

Por lo mencionado en el anterior se visualiza que en Huancavelica uno de los problemas más preocupantes que tiene, es la contaminación del río Ichu, que actúa como cuerpo receptor de la descarga de aguas servidas, basura, residuos hospitalarios y otros que van mermando la ecología. En la que el director de la EPS EMAPA detalla la importancia de que en el tiempo más cercano se instale la planta de tratamiento de aguas residuales, a fin de disminuir la contaminación hacia el caudal que cruza la ciudad (río Ichu).

Actualmente existen numerosas alternativas de tratamiento de aguas residuales, sin embargo, la deficiente operación y mantenimiento y su baja adaptación al medio han ocasionado que éstas fracasen, por esta razón el presente trabajo de investigación tiene por finalidad realizar la remoción de la carga orgánica de aguas residuales domésticas por el método de coagulación con sulfato de aluminio en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana - Huancavelica, ya que este método es eficiente y económica para el tratamiento de las aguas residuales que están contaminando el medio ambiente y así mismo la salud de las personas.

1.1.2 Formulación del problema

Problema general

¿Cuál es la remoción de carga orgánica de aguas residuales domésticas por el método de coagulación con sulfato de aluminio en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana - Huancavelica?

Problema Específico

- ¿Cuál es la remoción de carga orgánica de aguas residuales domésticas por el método de coagulación con sulfato de aluminio en los parámetros físicos de (T°, Turbiedad) en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana - Huancavelica?
- ¿Cuál es la remoción de carga orgánica de aguas residuales domésticas por el método de coagulación con sulfato de aluminio en los parámetros químicos de (DBO5, DQO y pH) en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana - Huancavelica?
- ¿Cuál es la dosis óptima del coagulante sulfato de aluminio en la remoción de carga orgánica de aguas residuales domésticas en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana - Huancavelica?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Determinar la remoción de carga orgánica de aguas residuales domésticas por el método de coagulación con sulfato de aluminio en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana - Huancavelica

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar la coagulación de sulfato de aluminio en los parámetros físicos de (T°, Turbiedad) de la remoción de la carga orgánica de aguas residuales domésticas en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana – Huancavelica.
- Determinar la coagulación de sulfato de aluminio en los parámetros químicos de (DBO5, DQO y pH) de la remoción de carga orgánica de aguas residuales domésticas en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana - Huancavelica.
- Determinar la dosis óptima del coagulante sulfato de aluminio en la remoción de carga orgánica de aguas residuales domésticas en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana - Huancavelica.

1.3 Justificación

La elaboración del presente trabajo se justifica en la necesidad de realizar el tratamiento de agua donde el proyecto desarrollara un método que va a permitir la purificación de las aguas residuales domésticas para librarlas de los patógenos, materias fecales y otras sustancias, de esta manera poder reducir las enfermedades que estas podrían causar en la población y de esta manera evitar ciertos conflictos que esta puede ocasionar.

El método de coagulación con sulfato de aluminio es un tratamiento eficaz, ya que elimina en gran cantidad sustancias de distintas naturalezas a un bajo costo en comparación con otros métodos. Por otro lado, las aguas del río Ichu cursan aguas abajo por las poblaciones de Yauli, Acoria, entre otros, que se dedican a la agricultura y la ganadería, la cual el agua tratada por este método será un recurso favorable en beneficio de los agricultores para el riego de sus cultivos, bebida de animales, entre otros.

El gerente de recursos naturales Pedro Cabrera Chacaliaza, asegura que la contaminación del afluente es un problema latente en Huancavelica. Durante los últimos años, el río Ichu en Huancavelica vienen soportando una extensa contaminación a causa de los vertidos de aguas residuales domésticas (en primer grado de los materiales fecales), aguas residuales industriales (restos químicos, de cadmio, mercurio, detergentes, entre otros) y restos sólidos de basurales, que están perjudicando ciertamente y comprometiendo a la salud de la población Huancavelicana. (Tupia, 2015, pág. 1).

Por el expuesto en lo anterior se visualiza que el tratamiento de mayor cantidad de aguas residuales domésticas generadas por la ciudad y la recuperación de un mayor número de efluentes en forma factible y segura será un reto de suma importancia ecológica, social y económica para Huancavelica. En la actualidad la preocupación del agua es poca, pensando que es un recurso que nunca se acabará; la mayor parte de

contaminación proviene de nuestros hogares. Hasta hoy en día no se ha realizado proyecto alguno de bajo costo y factible en la localidad con fines de reducir la contaminación de los cuerpos de agua.

Por ello se plantea el desarrollo de este proyecto que busca innovar los elementos del tratamiento de aguas residuales mejorando su calidad y obtener un beneficio para la comunidad, disminuyendo la contaminación del río Ichu que actúa como cuerpo receptor, minimizando los impactos hacia otros medios receptores (aire y suelo). Utilizando el método de Coagulación con sulfato de aluminio, debido a que es un método universal que elimina una gran cantidad de sustancias de diversas naturalezas y de peso de materia.

1.4 Limitaciones

El presente trabajo de investigación fue realizado en una estructura que actúa como una cámara de reunión de caudales de las aguas residuales domésticas provenientes del barrio de Santa Ana, está situado en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana - Huancavelica. La investigación se limita en el aspecto climático, porque en la época de invierno se tiene precipitaciones altas y en la ciudad se tiene un sistema de alcantarillado sanitario combinado, es decir transportan aguas residuales y pluviales por el mismo conducto, al combinarse aumentan el caudal y alteran la concentración real de la carga contaminante.

La investigación se limita en determinar la eficiencia de remoción de la carga orgánica mediante el método de coagulación, haciendo uso del sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$, un método que poco aplicaron en aguas residuales, ya que es más común en tratamiento de agua potable para disminuir la turbiedad, pero que nosotros creemos que también es importante aplicarlo en aguas residuales para ayudar a disminuir la carga contaminante, a un menor costo y cumplir con las normativas antes de su descarga hacia un cuerpo receptor.

La ciudad de Huancavelica no cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales, ésta es una problemática que en el periodo más corto se debe resolver. Asumimos varias limitaciones otra de ellas es la escasa información en temas de tratamiento de aguas residuales domésticas haciendo uso de coagulantes, ya que en el Perú aun no lo aplicaron a gran escala.



CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 Antecedentes internacionales

Rojas, et al (2015), se desarrolló la revista que lleva como nombre *“Estudio de remoción de arsénico en agua potable a nivel domiciliario mediante oxidación solar y coagulación- floculación”* La investigación tuvo como finalidad brindar un tratamiento para la remoción de arsénico. La investigación llegó a los siguientes resultados: 1) en el sistema SORAS encontraron que para la minimización el concentrado de arsénico de 200µg/L a menos de la norma (10µg/L), requirieron entre dos horas y cuatro horas de exposición en un día soleado o nublado. 2) en el sistema de coagulación-floculación, la estipulación perfecta para la obtención de grados de arsénico por debajo de la norma fueron los siguientes: con floculación sintéticos, el pH fue 6 con 1 mg/L de FK-930-S (polímero de cloruro de polidialil-dimetilamonio) con porciones de FeCl₃ 12 mg/L; con floculante natural, el pH fue 6 con 250 mg/L de mozote (*Triumfetta semitriloba*), con dosis de FeCl₃ de 14 mg/L. 3) un arquetipo resistente en un envase de coagulación – floculación y otro de filtración en arena fue vasto de utilizar 15 L de agua sintética con 200µg/L As y agua natural con 10 y 50µg/L. De esta manera la investigación llegó a las siguientes conclusiones: 1) el uso del proceso SORAS modificado durante días

soleados con vasta radiación natural (por encima de los 0.600 W/m²) accedió la remoción de arsénico desde 200 µg/L hasta valores por debajo de la norma en al menos dos horas de expuesto a los rayos solares, en los días nublados extendieron el tiempo a cuatro horas. 2) el método SORAS modificado puede representar restos de hierro sobre la norma de (0,3 mg/L), por ende, recomiendan determinar la cuantía mínima de lana de hierro que les permitirá una remoción adecuada de arsénico y un resto de hierro seguro. 3) en mención del método de la técnica de coagulación- floculación, la estimación óptima de pH fue resultado de 6, lo cual concuerda con lo expuesto en la literatura, que expone que el pH menor de 8, el porcentual de la remoción es mayor.

Barajas y León (2016), elaboro la tesis denominada ***“Determinación de la dosis óptima de sulfato de aluminio (Al₂(SO₄)₃ 18H₂O) en el proceso de coagulación - floculación para el tratamiento de agua potable por medio del uso de una red neuronal artificial”*** para la obtención del título de Ingeniero Ambiental de la Universidad Santo Tomas – Bogotá. La investigación llego a los siguientes resultados: 1) para el menor grado de turbiedad inicial (10 NTU) consiguieron el menor porcentaje de remoción de 29.0%, mientras que para el mayor grado de turbiedad inicial (1000 NTU) tuvieron el mayor porcentual de remoción de 99.5%, en lo que asumieron que existió una relación directamente proporcional entre la turbiedad inicial y el porcentual de remoción en lo que salió que la turbidez más alto es la de la remoción. 2) de acorde con los resultados de la alcalinidad que obtuvieron ya que esta estaba dentro del rango pedido (no mayor a 200mg/l CaCO₃) para no alterar el acto del agente coagulante, determinaron que no era primordial la realización de los ajustes de este parámetro antes de que añadieran el coagulante a las muestras. 3) en la prueba del afine de la dosificación óptima obtuvieron distintos resultados en el grado de turbidez final a comparación de lo que obtuvieron en el primer ensayo de jarras, ya que la turbidez final más alta para el afine de la dosificación fue de

11 NTU mientras que en el primer ensayo fue de 13.7 NTU. 4) en la tabla N°12 se encontraron los resultados de los porcentuales de remoción resultados de las pruebas de jarras efectuados para el ajuste de la dosificación óptima de coagulante, donde el menor porcentual de remoción fue de 31% y el mayor fue de 99%. 4) el EIECM que obtuvieron fue de 11.4 mg/l, mostrando que los ensayos 3 y 4 (turbidez inicial 46 y 64 NTU), 8 al 12 (turbidez inicial 260,340 y 420 NTU) y el ensayo 16 (turbidez inicial 1000 NTU) fueron aquellos que tuvieron un grado alto de error que obtuvieron para cada experimento entre la dosificación real y la dosificación calculada con la ecuación de la regresión. 5) obtuvieron que para la turbidez inicial de 10 NTU su pH óptimo fue de 7, con el cual obtuvieron en las tres pruebas de turbidez finales máximas de 1 NTU con un mínimo de 0 NTU, para la turbidez de 100 NTU el pH óptimo fue de 6 para la primera prueba y de 6.5 para la 2da y 3ra prueba con una turbidez final máxima de 8.7 NTU (turbidez mínima de 6.2 NTU) en el caso de la turbidez de 590 NTU obtuvieron 6.5 como turbidez óptima con una turbidez final máxima de 6.1 NTU (turbiedad mínima de 5.3 NTU) y para la prueba de 1000 NTU de turbiedad al inicio el pH óptimo fue de 7.5 con una turbiedad final máxima de 8.5 NTU y una mínima de 7.6 NTU. 6) el porcentaje de remoción de pH en la tabla N°13 se encuentra por encima de los 91.3%, llegando a remover hasta un 100% de turbiedad lo cual les indico que al registrar el pH consiguieron que la dosificación óptima que obtuvieron en el inicio funciono con mayor eficacia. La investigación llegó a las siguientes conclusiones: 1) a pesar de que realizaron las pruebas de jarras para el reajuste del pH obtuvieron resultados de turbiedad final hasta 0 NTU, así también al elaborar el cálculo de la relación existente entre el pH y la dosis de coagulante, obtuvieron un coeficiente de correlación lineal de 0.17, lo cual les mostro que hay la existencia de una correlación pobremente entre el pH y la dosificación de coagulante por tal motivo no pudieron predecir un valor óptimo de pH usando una regresión lineal ya que pudieron obtener errores altos. 2) los valores de pH con los que

obtuvieron mayores resultados variaron en un rango de entre 7 a 8, donde lograron encontrar elevados valores de turbiedad final más bajos, mostrando que el pH influye con la eficacia del desarrollo de coagulación y floculación.

Cerón (2016), se desarrolló la presente tesis de investigación que tiene como título el siguiente *“Estudio para la determinación y dosificación óptima de coagulantes en el proceso de clarificación de aguas crudas en la potabilización de aguas de la empresa empoobando E.S.P.”* Para optar el título de Química de la Universidad de Nariño. La investigación llegó a los siguientes resultados: 1) para que puedan determinar la dosificación óptima, emplearon el método de las jarras, en el que escogieron aquello que presentará mejores caracteres de color y turbidez y que se encontrarán dentro de los límites permisibles de acorde a la resolución 2115 de 2007. 2) los resultados que obtuvieron en los ensayos demostraron que la concentración del ion hidronio dependían de los iones de bicarbonato y carbonato, el efecto del bicarbonato y carbonato es tener la resistencia a un cambio en el pH, esta capacidad o amortiguadora alcanza su máximo grado cuando las concentraciones de carbonato y bicarbonato son iguales. 3) para la determinación de la dosificación óptima del coagulante realizaron ensayos previos en lo que establecieron condiciones de gradiente y tiempos de mezcla rápida, lenta y sedimentaria en la que optaron por permanecer fijas en todo el ensayo según indica la tabla N°10 condiciones de gradiente y tiempos. 4) para el caso del PAC presentaron buenos resultados en cualquiera de las dosificaciones que estudiaron y a la vez cumplieron con la normativa de acorde a la resolución 2115 de 2007 que establecen grados máximos de turbidez en 2 UNT, pero los buenos resultados se presentaron en la dosificación de 20 ppm. De acorde a los resultados, la investigación llegó a las siguientes conclusiones: 1) para el agua del río blanco que da abasto a Ipiales el PAC presentó una mejoría eficaz frente a la remoción de turbidez y color de agua cruda que el STBS empleando en la planta de

tratamiento, pues esto se debió al poder de coagulación y floculación. 2) en el valuado de pH el PAC muestra un buen comportamiento porque actuó como un buffer manteniéndolo casi invariable traduciéndose en eliminadores de reguladores de pH. 3) la viabilidad del cambio de coagulante de STBS a PAC es efectivo desde el punto de vista técnico y ambiental mas no desde el punto de vista económico en la investigación no tuvieron en cuenta los costos de alcalinizante para el estabilizado de pH. 4) la utilización del PAC en el potabilizado de agua en la planta de tratamiento de la municipalidad de Ipiales redujo los grados de Al en comparación al coagulante.

Bravo Gallardo (2015), desarrolló el trabajo de investigación que lleva como título ***“Coagulantes y floculantes naturales usados en la reducción de turbidez, sólidos suspendidos, colorantes y metales pesados en aguas residuales”*** Proyecto Curricular de Licenciatura en Química de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas - Bogotá. La investigación llego a los siguientes resultados: 1) según los resultados que obtuvieron por los estudios científicos, los elementos audaces coagulantes de M.oleifera son compuestos solubles en agua, estos componentes presentaron suficiencia coaguladora y flocularía tanto en semillas como en cascaras como o sin ella, con las semillas con cascara mostraron trabajos coagulatorios en el tratamiento de aguas con elevada turbiedad al inicio de 426 NTU, mientras que las semillas sin cáscaras reportan suficiencia de coagulación en aguas de baja turbiedad de 105 NTU, por otro lado se han utilizado para aguas de turbiedad al inicio de 105 NTU dosificaciones de 50mg/l de semillas sin cascara en la que mostraron que se necesitan dosificaciones 10 veces mayores para semillas con cascaras debido a que las proteínas activas están menos concentradas en los extractos acuosos de semillas con remolacha. (Ndabigengesere, et al 1995) 2) la moringa viene hacer como una opción viable con un valor agregado biodegradable, no tóxica, no afecta el pH ni la conductividad del agua además con un lodo producido con la

coagulación poco voluminoso, alta biodegradabilidad y posible reutilización originando cantidades que van entre el 20% y 30% menores frente a las generadas por el empleo de agentes coagulantes metálicos, como el alumbre (Sciban et al, 2009), 3) para la determinación de la actividad de coagulación de *C. Obtusifolia*, utilizaron dosificaciones de 0.75 g/l de factor coagulador para el coagulado de sólidos suspendidos y (DQO) en aguas residuales, en donde las concentraciones de estos contaminantes fueron de hasta 86.9 de sólidos suspendidos y de 36.2% de DQO los % de coagulación son de hasta el 86.9% de sólidos suspendidos y el 36.2% de la demanda química de oxígeno, de acorde a los resultados, las proteínas presentes en las semillas de *C obtusifolia* pueden llegar a ser eficientes coagulatorios y floculatorios naturales. 3) el coagulante *J. Curcas* encontraron que la mejor disolución para sacar el factor coagulante se da mediante una disolución de 0.5 M cloruro de sodio (NaCl), y para su determinación de la suficiencia coaguladora utilizaron dosificaciones de 120mg/l a pH3, a partir de esas dosificaciones obtuvieron eficiente suficiencia de coagulación de turbiedad de aproximadamente de un 99%, teniendo en consideración que el factor coagulatorio posiblemente se a un agente proteico catiónico a la vez que aumentan el concentrado de NaCl también crece la cuantía de factor coagulatorio y por ende se originan una mejor solubilidad de la proteína. (Voet y Voet, 1990; Nelson y Cox ,2008) 4) como resultados encontraron que todos los extractos de origen vegetal reportados son eficaces en la remoción de la turbiedad del agua, en el que originan menor cantidad de lodos y su principal mecanismo de coagulante usado es la adsorción y la neutralización de cargas. Por medio de los resultados la investigación llegó a las siguientes conclusiones: 1) en la literatura se proporcionaron distintos coagulatorios y floculatorios derivados de fuentes naturales, en la que se están investigando como sustitutos de los coagulantes químicos convencionales, debido a que las utilizations de coagulatorios sintéticos en los tratamientos de agua están causando afectaciones al medio ambiente y las partes de las

plantaciones por lo general las más analizadas son las semillas a partir de estas se han extraído los agentes coagulantes activos que tienen polisacáridos de elevado peso molecular y componentes proteínicos utilizados para el remedio de aguas residuales contaminadas con tintes, elevados grados e turbiedad, sustancias químicas, DQO y los iones de metales pesados la mayoría de las fuentes mostraron que la capacidad de los coagulantes naturales son efectivas que pueden hasta eliminar un contaminante con hasta un 90%. 2) las formas de coagulación más aplicadas para coagulantes y floculantes naturales son adsorción y neutralización de carga y adsorción y puentes entre partículas que se atribuye a la naturaleza aniónica o catiónicas de agentes coagulantes. 3) los resultados en la investigación, atribuyeron que las distintas fuentes naturales utilizados como coagulatorios para la cura de las aguas y aguas residuales tienen un elevado potencial como alternativa de coagulante inorgánico, debido a su toxicidad con el medio ambiente.

Ortiz y Vargas (2016) *“comparación de la capacidad coagulante del llantén plantago major (sp) frente al coagulante convencional sulfato de aluminio en agua residual doméstica sintética”* para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental y Sanitario de la Universidad de la Salle. La investigación llegó a los siguientes resultados: 1) la dosificación de 60mg/L de mucilago de Llantén en el ARS, se registran eficacia superior al 50%, sin embargo, el notorio cambio de valor de turbiedad (18,2 unidades) entre la dosis de 80mg/L y 100mg/L establecerá los valores mínimos y máximos de la fase preliminar. Con el fin de obtener mayor exactitud en el comportamiento de la turbiedad respecto a la dosis de coagulante. 2) el diagrama de caja y bigotes para dosis mínima de coagulante mucilago de Llantén, presenta un rango de variabilidad entre 40,8 NTU y 54,3 NTU, donde los valores máximos que se encuentran dentro del primer 25% de datos representados en la gráfica indican menor dispersión en comparación con el otro 25% de datos mostrados en el

bigote de los valores mínimos. El 50% datos que se encuentran dentro de la caja enseña datos agrupados de manera equitativa con un valor en primer cuartil de 45,2 NTU y uno de 51,7 en el tercero, con una media de 48.4 NTU. por tanto, a los resultados la investigación llego a las siguientes conclusiones: 1) el extracto del mucilago de Llantén remueve material orgánico en el agua sintética usada como medio de prueba, alcanzo una disminución del 48% en la demanda química de oxígeno (DQO), tal como se aprecia en la tabla 28; esto sugiere su posible aplicación para el tratamiento de aguas residuales de pequeñas empresas o industrias del sector alimentos. 2) por tanto el extracto mucílago de Llantén como el Sulfato de Aluminio Tipo B presentan eficiencias superiores al 77% en remoción de turbiedad y color con la dosis máxima que corresponde a 100 mg/L y el mínimo valor de velocidad de mezcla lenta (20 rpm).

Arias, et al (2017), desarrolló la revista que lleva como título: ***“Tratamiento de aguas residuales de una central de sacrificio: uso del polvo de la semilla de la m. oleífera como coagulante natural”***. La investigación llego a los siguientes resultados: 1) los gradientes de mezcla rápida el mejor comportamiento para la disminución de turbidez y donde se da la desestabilización de partículas coloidales es el gradiente de 200 rpm, con tiempos de retención de 60 y 120 s y remociones de 44,9% y 45.3%, respectivamente. 2) en el cuadro 5 se puede observar que de las 5 pruebas realizadas, en la muestra 2 y 8 se obtuvieron los mayores porcentajes de remoción para turbidez y color con un porcentaje de remoción de 85%, y 86,7% respectivamente, siendo esto una constante en diferentes estudios. 3) los resultados se demuestra que el polvo de *M. Oleífera* resulta ser un buen coagulante para remover principalmente color y turbidez en las aguas residuales industriales de matadero. De esta manera la investigación llego a las siguientes conclusiones: 1) se determinó que la *M. Oleífera* disminuye los parámetros DBO5, DQO, SST, Coliformes Totales y Fecales, alcanzando porcentajes

mayores al 90% en remoción de Coliformes Totales y Fecales, y porcentajes entre 20 y 60 % para el resto de contaminantes, aunque no se obtuvieron los valores límites máximos permisibles de todos los contaminantes en cuestión para vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a sistemas de alcantarillado público dictados por la Normatividad Colombiana actual vigente como lo es la resolución 0631 de 2015, la utilización de esta semilla como coagulante viene siendo un método efectivo para utilizarlo como complemento para estos procesos y más aún para lugares donde no cuentan con la tecnología ni la economía adecuada para dichos procesos. 2) uno de los aspectos importantes que tiene la *M. Oleífera* como sustancia coagulante es que se puede aplicar directamente en una planta de tratamiento de agua residual, sin necesidad de corregir o ajustar el pH del agua durante el proceso de coagulación y floculación.

Castrillón y De Los Ángeles (2012) se desarrolló la presente tesis de investigación que tiene como título el siguiente “***Determinación de las dosis óptimas del coagulante sulfato de aluminio granulado tipo b en función de la turbiedad y el color para la potabilización del agua en la planta de tratamiento de villa santana***”. Para optar el título de Tecnólogo Químico de la Universidad Tecnológica de Pereira. La investigación llegó a los siguientes resultados: 1) en el ensayo 13 se tiene una turbiedad de 24,2 UNT y una dosis óptima de 48 mg/L mientras que en el ensayo 27 se tiene una turbiedad de 303 UNT y una dosis óptima de 43 mg/L; en el ensayo 6 se tiene una turbiedad de 18,9 UNT y una dosis óptima de 45 mg/L mientras que en el ensayo 32 se tiene una turbiedad de 60,9 UNT y una dosis óptima de 35 mg/L; en el ensayo 7 se tiene una turbiedad de 121 UNT y una dosis óptima de 48 mg/L mientras que en el ensayo 19 se tiene una turbiedad de 401 UNT y una dosis óptima de 47 mg/L. La mayoría de ensayos siguen este mismo comportamiento, lo que da a evidenciar que muchas veces no es cierto que a mayor turbiedad mayor dosis aplicada de

coagulante, la investigación llegó a las siguientes conclusiones: 1) el sulfato de aluminio granulado tipo B es un coagulante efectivo para el tratamiento de aguas para consumo humano dado que se presentaron buenos porcentajes de remoción de la turbiedad y color en las muestras de agua cruda analizada. 2) en muestras de agua con colores elevados se hace necesario la adición de una dosis de coagulante mayor debido a que los coloides que dan color al agua la mayoría son hidrofílicos, evidenciándose en los ensayos en los cuales se logró que la turbiedad quedara dentro del rango permisible pero los valores de los colores no estuvieron dentro de este. 3) se logró construir las tablas y gráficas donde se relacionan los parámetros fisicoquímicos estudiados y las dosis óptimas de coagulante Sulfato de Aluminio granulado tipo B necesarias, que servirán como parámetro base para el tratamiento de agua potable en la planta de tratamiento de Villa Santana.

Cabrera, et al (2009), se desarrolló la revista que lleva como ***“Estudio del proceso de coagulación -floculación de aguas residuales de la empresa textil “desembarco del Granma” a escala de laboratorio”*** La investigación llegó a los siguientes resultados: 1) según los resultados experimentados en esta evaluación se tiene cuando se trabaja a $\text{pH} = 7$, y se emplean aun coagulante de 40 mg/L de alúmina. Esto puede observarse en la tabla 3 donde se expresan los resultados en por cientos de remoción, equivalente a la eficacia en el proceso de purificación, y en los gráficos 1 y 2 se visualizan correctamente estos resultados. 2) los mejores resultados experimentales se tienen cuando se trabaja a pH entre 4 y 5 y se emplean a un coagulante de 40 mg/L de alúmina. Por tanto a los resultados la investigación llegó a las siguientes conclusiones: 1) de acuerdo con los resultados obtenidos en el desarrollo del trabajo, queda demostrado que el agua residual procedente de la etapa de degradación biológica de la planta de tratamiento de residuales de la Empresa Textil “Desembarco del Granma” de Villa Clara, puede ser empleada para realizar la

simulación del proceso de coagulación- floculación a nivel de laboratorio con resultados satisfactorios.2)la simulación del proceso de tratamiento químico físico a escala de laboratorio permite determinar el tipo de coagulante, el pH y la dosis óptima a emplear para el agua residual que se utilizará en la realización de la práctica de laboratorio.3) los análisis realizados para cada coagulante utilizado en el estudio del proceso de coagulación-floculación permiten concluir que con el sulfato de alúmina a pH cercano a la neutralidad y un coagulante de 40 mg/L.

Montes y Romero (2017), desarrolló el presente trabajo de investigación denominada ***“Efecto de la concentración del coagulante y velocidad de agitación en la disminución de la demanda química de oxígeno de agua residual doméstica.”*** para optar el título profesional de Ingeniero Químico Ambiental de la Universidad Nacional del Centro del Perú de Huancayo. La investigación llegó a los siguientes resultados: 1) con un valor de p de 0,000; ($p < 0,05$) para la interacción de las concentraciones de coagulantes y las velocidades de agitación, las evidencias estadísticas muestran que aun nivel de significación de 0,05 se rechaza la H_0 y se acepta la H_a . Se concluye que el % de disminución de la Demanda Química de Oxígeno promedio de la interacción de las concentraciones de coagulante con velocidades de agitación presenta diferencias significativas. Por lo tanto, se puede realizar la prueba de múltiples comparaciones para determinar la diferencia entre pares de muestras de los tratamientos. 2) el tratamiento 3 (60 ppm y 100 rpm) tiene el más alto porcentaje de disminución de la Demanda Química de Oxígeno con 68,92%. Existe diferencia significativa entre el tratamiento 2 (40 ppm y 200 rpm) con 58,22% de disminución de la Demanda Química de Oxígeno y el tratamiento 3 (60 ppm y 100 rpm) con 68,92% y el tratamiento 5 (80 ppm y 100 rpm) con 56,19% de disminución de la Demanda Química de Oxígeno. Después de los resultados que obtuvieron la investigación llegó a las siguientes conclusiones: 1) según los

resultados obtenidos la mejor concentración de policloruro de aluminio como coagulante es de 60 ppm y la mejor velocidad de agitación en el proceso de coagulación es de 100RPM. 2) la demanda química de oxígeno del agua residual doméstica con mayor disminución es del tercer tratamiento con una disminución de 206,05 ppm, que representa un 68,93%. 3) si existe efecto de la concentración del coagulante y la velocidad de agitación en la disminución de la Demanda Química de Oxígeno de agua residual doméstica.

2.1.2 Antecedentes a nivel nacionales

Carrera y Infante (2015), desarrolló el presente trabajo de investigación denominada *“Influencia del pH, concentración de coagulante y floculante en la remoción de sólidos suspendidos, demanda química de oxígeno y turbidez en efluente de lavado de pulpa de la Planta Papelera Trupal S.A.”* para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental de la Universidad Nacional de Trujillo. La investigación llegó a los siguientes resultados: 1) para los dos casos, después de realizado el análisis experimental, los mejores resultados se presentaron en el pH de 4.01 (valor de origen de la muestra), de esta forma obtuvieron 340 ppm de sólidos suspendidos para el policloruro de aluminio y 775 ppm para el sulfato de aluminio y para los valores que obtuvieron de pH de 5.32 y 6.55 no fueron significantes. 2) los valores de la turbiedad de la figura 12, demostraron que el buen resultado a pH 4.01, se obtuvo con el policloruro de aluminio en el que obtuvieron 74.61 NTU que presenta una gran comparación entre los 411.10 NTU que lograron con el sulfato de aluminio. 3) en la segunda etapa la figura N°13 el mejor valor que obtuvieron para pH 4.01 para el policloruro de aluminio obtuvieron un concentrado de 500ppm, logrando así 305 ppm de sólidos suspendidos. 4) en cuanto al parámetro analizado de la demanda química de oxígeno (DOQ) el resultado que obtuvieron para el policloruro fue 1204.16 ppm, que representa un porcentual de remoción de DQO de 90.21%, y para el sulfato de aluminio el valor que obtuvieron fue de

1096.62ppm que representa un 91.1% de remoción de DQO. Después de los resultados que obtuvieron la investigación llego a las siguientes conclusiones: 1) el pH entre el concentrado de la coagulación existe una influencia en la remoción de solidos suspendidos y la turbiedad de las aguas de lavado de Pulpa de la Empresa Papelera TRUPAL S.A. 2) a pH 4.01 (pH de salida de la muestra) y a 500ppm de concentrado de coagulante resultaron ser las mejores condiciones para que puedan realizar el procedimiento de coagulación – floculación para sulfato de aluminio. 3) la mejor remoción de sólidos suspendidos y de turbiedad para las aguas de los procesos de lavado de Pulpa de La Empresa TRUPAL S.A. Obtuvieron con el policloruro de aluminio a pH 4.01, 500ppm de concentrado y con el floculante catiónico removiendo un 98.94% de solidos suspendidos, 98.50% de turbiedad y 90.2% de demanda química de oxígeno.

Ore (2017), desarrolló la presente tesis de investigación que lleva como título ***“Influencia del sulfato de aluminio y pH en la remoción de la materia orgánica para el tratamiento del agua residual del Camal Municipal de Chupaca”*** de la Universidad Nacional del Centro del Perú, la caracterización del agua residual del Camal Municipal de Chupaca. Los resultados de la tesis fueron: 1) determinaron que la velocidad ideal de mezcla esta entre 300 y 500 rpm bajo aspectos óptimos. La eficacia de remoción de DQO y color alcanzo el 72% y el 90% al respecto. 2) según el análisis que elaboraron en el cual muestran en la tabla N°4.6 determinaron que existe una influencia del pH y el $CAI3+$ en la remoción de la materia orgánica medido por la demanda química de oxígeno (DQO), el valor máximo y mínimo obtuvieron pH-8 y $CAI3+$ 5 g/l porcentual de remoción de DOQ 64.47% y pH-9 y $CAI3+$ 3 g/L porcentual de remoción de DQO 35.04%. Por tanto a los resultados la investigación llego a las siguientes conclusiones: 1) determinaron la afluencia del sulfato de aluminio en la remoción de la materia orgánica en el tratamiento del agua residual del

Camal Municipal de Chupaca, en donde los resultados que obtuvieron por el análisis de varianza P-value < 0.05, resulto como valor p-value=1.5625E25, por lo tanto en el pH y Ca^{2+} si hay una influencia, obteniendo a pH 8 y Concentración 5 g/L de $Al_2(SO_4)_3$ una remoción máxima de DQO 523 mg/L, equivalente a un 64.47%. 2) caracterizaron el agua residual industrial del camal municipal de Chupaca, en el que obtuvieron los resultados, Sólidos Totales 1613 mg/L, Demanda Química de Oxígeno 1696 mg O_2 /L, Alcalinidad 450 mg $CaCO_3$ /L y pH 8.13. 3) si hay una influencia de pH en el tratamiento de aguas residuales en estudio. 4) existió la influencia del sulfato de aluminio en el tratamiento del agua residual en estudio. 5) determinaron el porcentual de remoción de la materia orgánica medido por la demanda de oxígeno, siendo la valoración máxima de 64.47% y el mínimo de 35.04%.

Bolívar (2018), desarrolló el trabajo de investigación que titula ***“Remoción de sólidos suspendidos y materia orgánica de las aguas residuales domésticas empleando semillas de níspero en la zona urbana de Coayllo – Lima”*** de la Universidad César Vallejo, para optar el título profesional en Ingeniería Ambiental. En los resultados que obtuvieron fueron: 1) en los tratamientos que evaluaron fueron a 2000 ppm hasta 7000 ppm para que puedan elegir 2 concentraciones, 3000 ppm y 4000 ppm, a velocidades de agitación rápida de 200 rpm y 300 rpm, velocidad de agitación lenta de 30 rpm, 45 rpm. En lo que les mostró que la turbidez final tuviera como porcentaje de remoción 99.29% con 4000 ppm. A origen de esta examinaron los grados de DBO, DQO y SST. 2) para el elaborado de investigación lograron determinar el coagulador natural de las semillas de níspero el cual les permitió disminuir la turbiedad de las aguas residuales domesticas a un 99.29% de porcentual de remoción (de 1045.54 NTU a 7.43 NTU) con una dosificación de 4000ppm el cual demostraron que la dosificación de semillas de níspero puede ser utilizados como coagulador floculador primario, superando el 90%. 3) analizando el DQO

entendieron que sosteniendo el concentrado de 4000ppm, pueden notar el porcentual de remoción de DQO son superiores a los porcentuales de remoción. La tesis de investigación llegó a las siguientes conclusiones. 1) comprobaron la eficacia de la remoción de la turbiedad con las semillas de níspero con un 99.29% de (de 1045.54 NTU inicial a 7.43 NTU final) 2) en la remoción de la turbiedad el porcentual aumento al utilizar elevadas cantidades de coaguladores naturales de semillas de níspero a 4000ppm minimizando el agitado rápido en el procedimiento de coagulante y acrecentando la agitación lenta en periodos de la coagulación en el tratamiento de jarras 3) en la remoción de material orgánico como el DBO y el DQO los porcentuales son altos al utilizar elevadas concentraciones de coaguladores naturales semillas de níspero 4000 rpm 4) las aguas residuales domésticas tratadas con el coagulador natural de semillas de níspero cumplieron con los reglamentos establecidos en la ECA en la categoría 3 en cuanto se trata de sólidos suspendidos totales.

2.1.3 A nivel local

Carrizales y Enríquez (2021), desarrolló el trabajo de investigación que lleva como título *“Determinación de la dosis y concentración óptima del coagulante de moringa oleífera en la clarificación del agua de la quebrada Taczanapampa de la ciudad de Huancavelica”* para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental y Sanitario de la Universidad Nacional de Huancavelica. La investigación llegó a los siguientes resultados: 1) la turbiedad durante las cuatro primeras muestra aplicando dosis de moringa oleífera que van desde 5 mg/l hasta 60 mg/l con intervalos de 5 mg/l llegando a obtener 12 resultados por muestra con una concentración al 2%, durante la primera muestra la remoción de turbidez fue de 7.4 UNT a 5.92 UNT con una dosis óptima de 20 mg/l; en la segunda muestra se observó una remoción de turbidez de 9.52 UNT a 5.67 UNT con una dosis óptima de 20 mg/l; durante la medición de la tercera muestra se obtuvo una remoción de turbidez de 14.57 UNT a 6.05 UNT

con una dosis óptima de 30mg/l y en la cuarta muestra se pudo observar una remoción de la turbidez de 31.06 UNT a 5.36 UNT con una dosis óptima de 40 mg/l.2) la turbiedad durante las seis siguientes muestras aplicando dosis de moringa oleífera que van desde 60 mg/l hasta 115 mg/l con intervalos de 5 mg/l llegando a obtener 12 resultados por muestra con una concentración al 2%, durante la quinta muestra la remoción de turbidez fue de 53.67 UNT a 5.55 UNT con una dosis óptima de 80 mg/l; en la sexta muestra se observó una remoción de turbidez de 62.77 UNT a 5.38 UNT con una dosis óptima de 80 mg/l; durante la medición de la séptima muestra se obtuvo una remoción de turbidez de 75.59 UNT a 5.30 UNT con una dosis óptima de 80mg/l; en la octava muestra se pudo observar una remoción de la turbidez de 88.89 UNT a 4.85 UNT con una dosis óptima de 90 mg/l; en la novena muestra se pudo observar una remoción de la turbidez de 90.32 UNT a 4.67 UNT con una dosis óptima de 90 mg/l y en la décima muestra se pudo observar una remoción de la turbidez de 105.63 UNT a 4.93 UNT con una dosis óptima de 100 mg/l.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Proceso de Coagulación y floculación:

Son procedimientos cuya meta es incrementar la eficacia de un tratamiento de sedimentación o decantación de fluidos residuales en los que las partículas sólidas en suspensión son de muy pequeño tamaño que impide su sedimentación natural o se trata de disoluciones coloidales que se tendrá que estabilizar para que sea efectiva la separación de fases.

En tal caso se es considerado las disipaciones coloidales, aquellas en el que el tamaño de la partícula micel, en su límite superior, sea el mismo de visibilidad microscópica, alrededor de 0.2μ y el límite inferior es de 5μ por lo general los coloides que se encuentran en las aguas residuales se encuentran cargadas de manera negativa, como resultado de una acción en 3 fases. Pag 336 (Sevilla, 2002, págs. 336-337)

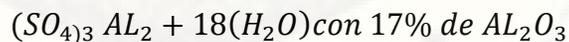
- La partícula absorbe iones de un signo, en este caso negativo por ejemplo OH^- , CL^- , entre otros.
- Iones de signo contrario, de carga positiva son atraídos por la capa anterior, pero de menor cuantía por ejemplo H^+ , Na^+ , etc en el que da un resultado a una agrupación eléctricamente negativa, con carácter fijo.
- Finalmente el restante de los signos contrarios en este proceso, positivos y totalmente móviles, se desplazan en la solución con una concentración mayor en las proximidades de las partículas. A medida que se aleja de la coraza negativa fija, se minimiza el concentrado de cargas positivas y se restablece la dispersión por igual, de positivas y negativas, dejando de ser perceptible la carga del coloide. (Sevilla, 2002)

2.2.2 Sustancias coagulantes y reacción del coagulante sulfato de aluminio

Para Sevilla (2002, págs. 337-338) el sulfato de aluminio es el coagulante más utilizado, en el que la coagulación es un resultado de su reacción con los bicarbonatos del agua (pág. 337)



Similar que a las demás sustancias coagulantes generan precipitaciones voluminosas por la unión de partículas neutralizadas de generación coloidal, el sulfato de aluminio es vendido en el mercado bajo la forma de (pág. 338)



2.2.3 Factores que afectan a la coagulación

Sevilla (2002), define a los factores que afectan a la coagulación son las siguientes que a continuación se presenta (págs. 338-339)

- Naturaleza de la materia en suspensión: al encontrarse en fase coloidal y tener igual carga, se originan efectos de repulsión que impide su acercamiento y por ende, su unión por tanto es menester utilizar una

sustancia coagulante de carga eléctrica opuesta para que se produzca la neutralización y facilite la floculación posterior.

- Temperatura: a menor temperatura se utilizara mayor dosificación de coagulante.
- pH: la eficacia del coagulante se ajusta a diferentes bandas de pH, por lo que su control es principal para que este bien el proceso.
- Orden de reacción de reactivos: si el flujo residual representa extensas cantidades principales de materia orgánica que daña la coagulación, habrá de eliminarse en primera instancia, añadiendo un oxidante a continuación se añade el coagulador con el específico de pH si fuera necesaria.

2.2.4 Coagulación con sulfato de aluminio

La coagulación viene hacer un procedimiento de desestabilización química de las partículas coloidales que se ocasionan al neutralizar las fuerzas que los conserva separados, por medio de la adición de los coagulantes químicos y la aplicación de la energía de mezclado.

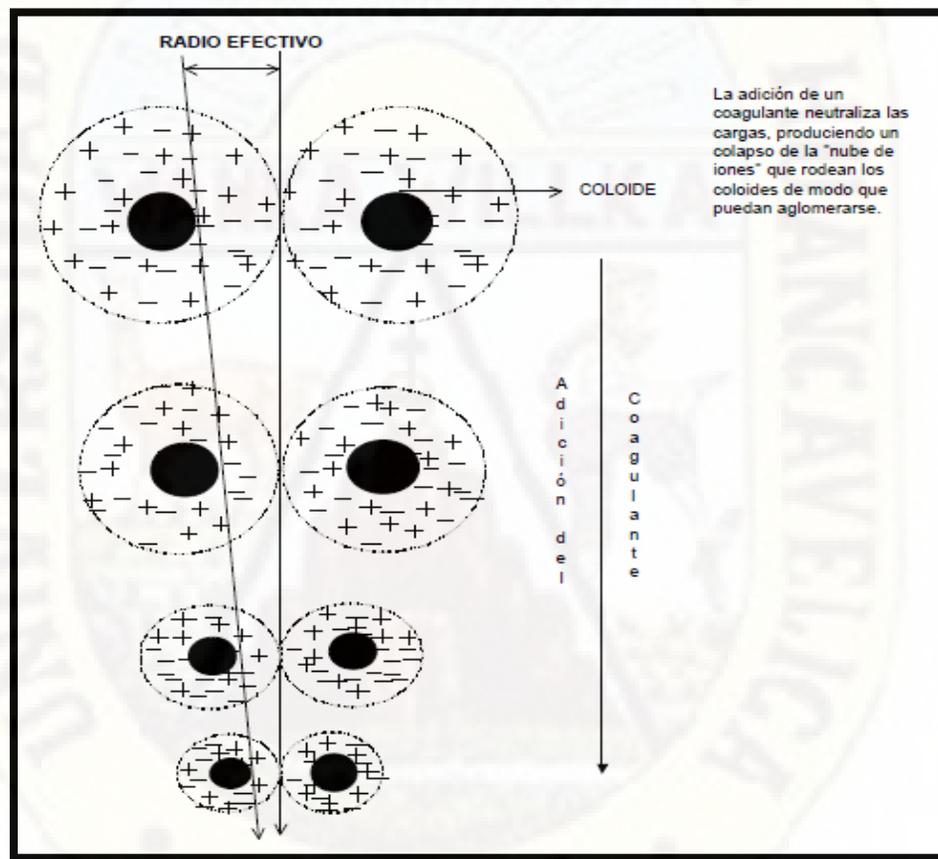
La coagulación es el resultado más eficaz pero también es el que representa un gasto elevado cuando no está bien realizado, es igual que el método universal porque elimina una gran cantidad de sustancias de diversas naturalezas y de peso de materia que son eliminados al menor costo, en comparación con otros métodos.

El procedimiento de coagulación mal elaborado también puede conducir a una degradación apresurada de la calidad del agua y representa gastos de operación no justificados, por ende que se debe de considerar que la dosificación del coagulante supedita el funcionamiento de las unidades de decantación y que es imposible de elaborar una clarificación, si la cantidad de coagulante está mal ajustada.

En la presente figura se muestra como las sustancias químicas anulan las cargas eléctricas sobre la superficie del coloide, permitiendo que las partículas coloidales se aglomeren formando floculas (Andia Cardenas, s.f., pág. 9)

Figura 1

Coagulación



Fuente: Andia (s.f., pág. 9)

2.2.5 Mecanismo de la coagulación

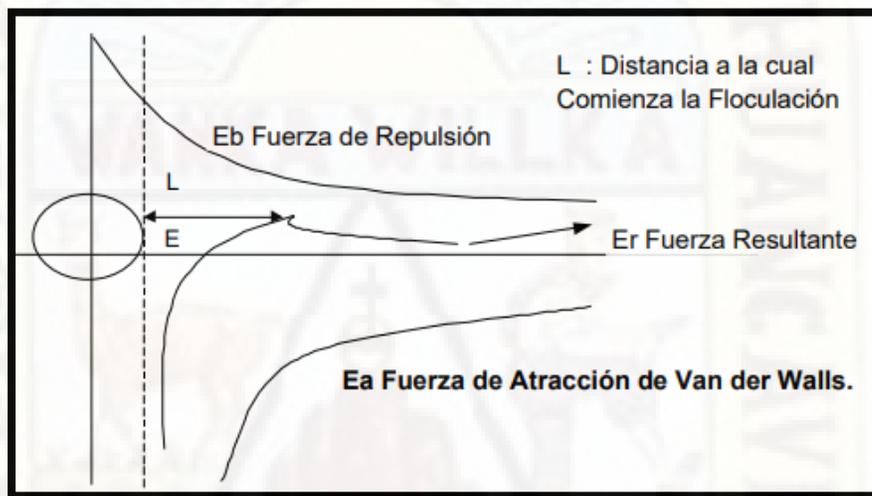
Para Andia (s.f.) La ruptura se puede obtener por los mecanismos fisicoquímicos siguientes: (págs. 11- 13)

- Compresión de la doble capa: se da cuando se acercan 2 partículas semejantes, sus capas difusas interactúan y originan una fuerza de repulsión, cuyo potencial

de repulsión se encuentra en relación de la distancia de separación y cae de manera rápida con el aumento de iones de carga opuesta al de las partículas, esto se da solamente con los iones del coagulante. Si la distancia que separa a las partículas es superior a L , entonces las partículas no se atraen y E viene a ser la energía que los mantiene separados. (pág. 11)

Figura 2

Fuerza de atracción y repulsión



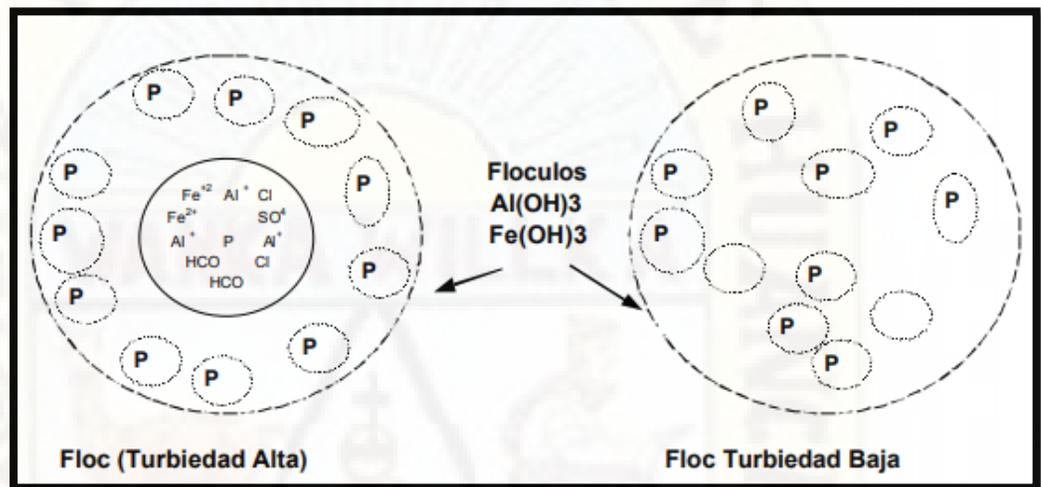
Fuente: (Andia Cardenas, s.f.)

- Adsorción y neutralización de cargas: después de la teoría de la doble capa coagulación – floculación, en la que la fuerza natural de mezcla debido al movimiento browniano no es suficiente requiriendo una energía complementaria necesaria, por ejemplo el efectuar la agitación mecánica o hidráulica. (pág. 12)
- Atracción de partículas en un precipitado: las partículas coloidales desestabilizadas, se pueden atrapar dentro de un floc cuando adicionan una cantidad suficiente de coagulantes habitualmente sales de metal trivalente como el sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$, o cloruro férrico $FeCl_3$, el Floc está constituido de moléculas de $Al(OH)_3$ o de $Fe(OH)_3$, la presencia de

determinados aniones y de las partículas coloidales apresuran el formado del precipitado. (pág. 12)

Figura 3

Atrapamiento de las partículas en un floc



Fuente: (Andia Cardenas, s.f.)

- Atracción y puente: cuando las partículas se encuentran cargadas negativamente, este hecho se explica por la teoría del puente, las moléculas del polímero muy largas contienen agrupaciones químicas que luego abstraen las partículas coloidales. La molécula de polímero puede de tal modo abstraer una partícula coloidal en una de sus extremidades, mientras que en los otros sitios se encuentran libres para su absorción de otras partículas por este motivo se dice que las moléculas de polímeros forman el puente entre las partículas coloidales. (pág. 13)

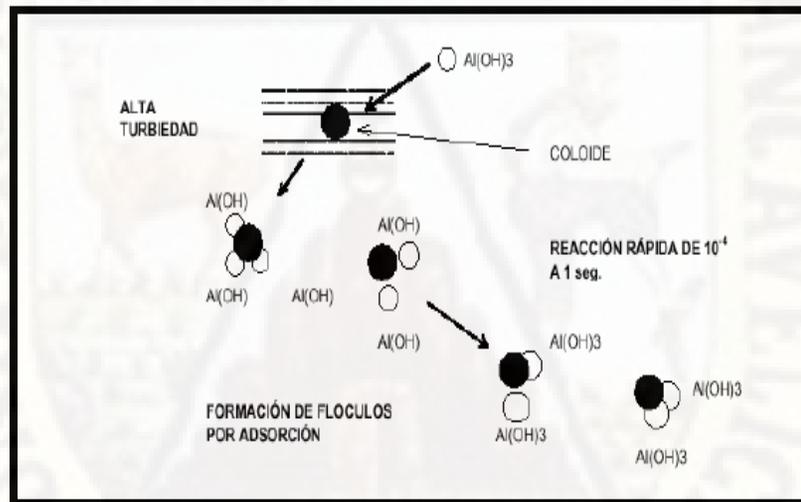
2.2.6 Tipos de coagulación

(Barrenechea Martel, 2004) presentan dos tipos de coagulación: Por adsorción y por barrido.

- Coagulación por absorción: Se presenta cuando el agua presenta una alta concentración de partículas al estado coloidal; cuando el coagulante es adicionado al agua turbia los productos solubles de los coagulantes son absorbidos por los coloides y forman los floculos en forma casi instantánea.

Figura 4

Coagulación por adsorción



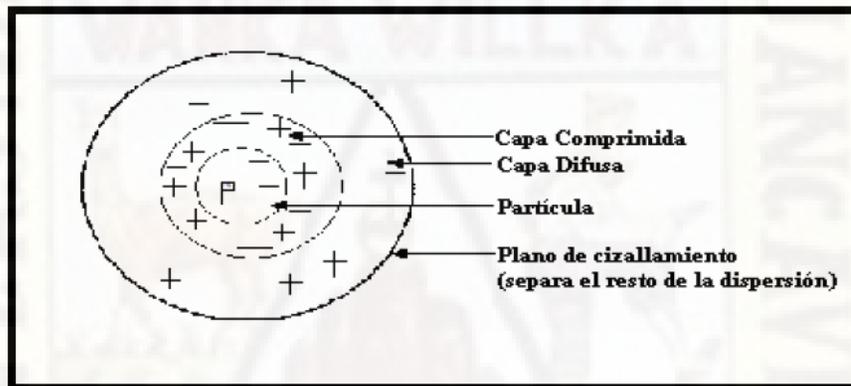
Fuente: (Barrenechea Martel, 2004).

- Coagulación por barrido: Este tipo de coagulación se presenta cuando el agua es clara (presenta baja turbiedad) y la cantidad de partículas coloides es pequeña; en este caso las partículas son atrapadas al producirse una sobresaturación de precipitado del sulfato de aluminio.
- Coloides: Son suspensiones estables, por lo que es imposible su sedimentación natural, son sustancias responsables de la turbiedad y del color del agua.

- Los sistemas coloidales presentan una superficie de contacto inmensa entre la fase sólida y la fase líquida; estas poseen normalmente una carga eléctrica negativa situada sobre su superficie. Estas cargas llamadas cargas primarias, atraen los iones positivos del agua, los cuales se adhieren fuertemente a las partículas y atraen a su alrededor iones negativos acompañados de una débil cantidad de iones positivos.

Figura 5

Doble capa de una partícula coloidal



Fuente: (Barrenechea Martel, 2004).

2.2.7 Métodos utilizados y condiciones experimentales

Según Rivas, Menés y Rómulo (2017), La dosificación óptima de coagulante no se puede determinar con los resultados de los análisis químicos, por ende se necesita efectuar pruebas de jarras en una mesa de coagulación para establecer, de manera analítica y visual, el manejo conveniente de cada coagulante y floculante en el proceso (págs. 176 - 177)

- Toma de muestras: Se analiza una muestra de agua aproximadamente 25l, lo suficiente para hacer no menos de tres replicas en una mesa de coagulación de jarras
- Materiales:

- Combinación de 4 o 6 jarras que tolera una turbación regulable entre 3,14 a 31,4 rad/s
- 4 o 6 vasos de vidrio o plásticos translucidos con cabida entre 1,0 y 1,5 L
- Pipetas de 1.0, 5.0 y 10 ml
- Equipo para la medición de la turbidez
- Equipo para la medición de color
- Equipo para la medición de pH
- Suspensión de cal hidratada a 10g/l de concentración
- Coagulantes a una concentración de 10g/l
- Metodología
- Procedimiento metodológico de ensayo
- Se toma un aproximado de afluente lo necesario que se utilizara para la investigación y realizar el homogenizado bien de la muestra
- Tomar 100ml de muestra y establecer pH, turbidez, color, níquel total y níquel disuelto antes de comenzar la prueba de coagulación para tener una referencia
- Medir un litro de efluente y agregar en cada jarra
- Poner un agitador a las jarras de 10.47 rad/s para su mantención de una turbulencia uniforme mientras se miden los reactivos que se añadirán
- Agregar en un principio la suspensión de cal hidratada (si la corrida lo requiere) y esperar un minuto
- Agregar después la solución de los coagulantes
- Aumentar la velocidad de 10.47 a 31.40 rad/s alrededor de un minuto pasado es periodo de tiempo, disminuir la velocidad de agitado hasta 3.14 rad/s, aproximadamente un periodo de 15min.
- Agregar la solución de floculante a cada jarra
- Una vez que ya se haya culminado el periodo de tiempo de mezcla lenta separar los agitadores o paletas de cada jarra y dejar el sistema en sosiego

por un periodo de tiempo de 15 min. En donde se debe de observar la resistencia de los floculos formados

- Ya pasados los 15 min de sedimentación, tomar de cada jarra un volumen de 100ml para el determinado de turbiedad, color, pH, níquel total y níquel disuelto.

Según Mangini, Prendes, Amsler y Huespe, (2003) para realizar los ensayos de laboratorio con la prueba de jarras se utilizaran (pág. 7)

- Un dispositivo llamado Agitador Múltiple provisto de cuatro o cinco puntos de agitación, que permite agitar simultáneamente, a una velocidad determinada, el líquido contenido en una serie de vasos.
- Es importante que durante el ensayo el agua tenga una temperatura próxima a la que tendrá realmente durante su tratamiento en planta.
- El agua a clarificar se agita en los distintos vasos, y a continuación, se adiciona el coagulante manteniendo una agitación entre 100 y 150 revoluciones por minuto para que la mezcla sea rápida. Dicha agitación se mantiene durante 3 a 10 minutos.
- Posteriormente, se adiciona algún corrector de pH si hiciera falta. A continuación se añade el polielectrolito (o polímero), agitando rápidamente unos 0,5 y 2 minutos para que se reparta rápidamente e inmediatamente se reduce la agitación entre 35 y 60 revoluciones por minuto para conseguir la maduración y crecimiento flocular. Esta última fase puede durar entre 5 y 10 minutos, pasada la cual se desconecta el agitador. Los flóculos se van depositando, pudiendo variar la duración de la sedimentación entre 5 y 30 minutos.
- Después se toma agua clarificada de dichos vasos y se procede a determinar los distintos parámetros que nos dan idea del grado de clarificación obtenido como son Turbidez, color, DQO, sólidos en suspensión, etc.
- Teniendo en cuenta que pueden tratarse a la vez varias muestras, se puede comprobar las influencias causadas por los distintos tipos de coagulantes y

floculantes, por la duración e intensidad de la agitación, así como la duración de la sedimentación de los flóculos formados.

- Concluidas las distintas pruebas, se determina el volumen del lodo obtenido trasvasando el sedimento cuidadosamente a un cilindro graduado, o bien haciendo una lectura directa en el beaker. Uno de los objetivos de la Prueba de Jarras es determinar la Dosis Optima de Coagulante y Floculante para su debida dosificación en la Planta de Tratamiento. (pág. 7)

2.3 Bases conceptuales

2.3.1 Aguas residuales

Las aguas residuales también son conocidas como aguas negras, vienen hacer una combinación compleja que contiene agua (por lo común más de 99%) combinadas con impurezas orgánicas e inorgánicas suspendidas y diluidas. El concentrado de este contaminante por lo normal es muy pequeño, y son expresadas en mg/l, esto es miligramos de contaminante por litro de la mezcla pues es una relación de peso/volumen que se aplica para mostrar concentrados de componentes en agua, aguas residuales, desperdicios industriales y otras soluciones diluidas, de manera que las densidades relativas DR de las soluciones disueltas es equivalente a la del agua. Los concentrados también son considerados como relaciones de peso/ peso, como mg/kg o ppm (partes por millón) sin embargo, cuando la DR de la combinación no es 1.0 mg/l y ppm no son términos distintos. (Glynn & Heinke, 1999, pág. 422)

Para la Organización de Evaluación y Fiscalización Ambiental (2014) mencionan que “Las aguas residuales son aquellas aguas cuyas características de origen fueron cambiadas por labores humanas y que por su cualidad requieren un tratamiento previo, antes de que sean reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o aligeradas a un sistema de alcantarillado” (pág. 6)

Las aguas residuales generalmente son de color oscuro, por lo que algunos autores la denominan aguas negras. También es común encontrar otra denominación como es aguas servidas; sin embargo, hay autores que establecen una diferencia entre aguas residuales y aguas servidas, esta diferencia viene dada en el primer caso a la mezcla de aguas domésticas e industriales, mientras que las aguas servidas, plantean son exclusivamente del uso doméstico. El origen, composición y cantidad de los desechos están relacionados con los hábitos de vida vigentes (Glynn & Heinke, 1999, pág. 422)

La composición de las aguas residuales domesticas son muy cambiantes, donde se tienen estudios en el que permiten la determinación de los contaminantes presentes, así como los rangos de concentración de las mismas, los cuales se muestran a continuación en la tabla siguiente. (Cisterna Osorio & Peña, s.f, pág. 3)

Tabla 1

Composición De Las Aguas Residuales Domésticas

Componentes	Fuerte	Media	Débil
Solidos totales	1200	720	35
Disueltos	950	500	250
Fijos	525	300	145
Volátiles	325	200	105
Suspendidos	350	220	100
Fijos	75	55	20
Volátiles	275	165	80
Sedimentables	20	10	5
DBO	400	220	110
COT	290	160	80
DQO	1000	500	250
Nitrógeno total	85	40	20
Orgánico	35	15	8
Amoniacal	50	25	12
Nitritos	0	0	0
Nitratos	0	0	0
Fosforo total	15	8	4

Orgánico	5	3	1
Inorgánico	10	5	3
Cloruros	100	50	30
Alcalinidad	200	100	50
Grasas- Aceites	150	100	50

Fuente: Mefcalt and Eddy (1985)

2.3.2 Clasificación de las aguas residuales

Para la Organización de Evaluación y Fiscalización Ambiental (2014, pág. 7) clasifica a las aguas residuales como las siguientes:

Aguas residuales domesticas: son aquellas aguas que se originan en las residencias y comercios que contienen desechos fisiológicos, entre otros, que provienen de las labores humanas y deben de ser dispuestas de una forma adecuada.

Aguas residuales industriales: son aquellas aguas que surgen del progreso de un procedimiento productivo incluyendo a los que provienen de la labor minera, agrícola, energética, agroindustrial, entre otras.

Aguas residuales municipales: son aquellas aguas residuales domesticas que pueden estar combinadas con agua de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial anticipadamente tratada, para que sean adheridas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado. (Organizacion de Evaluacion y Fiscalizacion Ambiental, 2014, pág. 7)

Para Epigares y Pérez (1985, pág. 2), las aguas residuales son aquellas que por la utilización del humano representan un peligro y deben ser desechadas, porque contienen gran cantidad de sustancia y/o microorganismos por tanto las aguas se clasifican como los siguientes:

Aguas residuales domesticas o aguas negras: Son provenientes de las heces y orina de los humanos, de la limpieza personal y de la cocina y de la limpieza de la casa suelen contener gran cantidad de materia orgánica y microorganismos, así como restos de jabones, detergentes, legías y grasas.

Aguas blancas: pueden ser de procedencia atmosférica (lluvia, nieve o hielo) o del riego y limpieza de calles, parques y lugares públicos. En aquellos lugares en que las precipitaciones atmosféricas son muy abundantes, estas pueden de evacuarse por separado para que no saturen los sistemas de depuración.

Aguas residuales industriales: provienen de los procesamientos realizados en fábricas y establecimientos industriales y comprenden aceites detergentes antibióticos, ácidos y grasas de origen mineral, químico, vegetal, entre otro, su compuesto es muy variable, dependiendo de las distintas actividades industriales.

Aguas residuales agrícolas: procedentes de las labores agrícolas en las zonas rurales. Estas aguas suelen participar, en cuanto a su origen, de las aguas urbanas que se usan, en varios sitios, para riego de la agricultura con o sin tratamiento.

Tabla 2

Normatividad Aplicada: Resolución 330 2017 MVCS

Parámetros	Unidades	Aguas Residuales Domesticas- ARD y de las soluciones individuales de saneamiento de viviendas unifamiliares o bifamiliares	Aguas Residuales Domesticas- ARD y de las aguas residuales (ARD - ARnD) de los prestadores del servicio público de alcantarillado a cuerpos de aguas superficiales con una carga menor o igual a 625.00 kg/día DBO
Generales			
pH	Unidades de pH	6.00 a 9.00	6.00 a 9.00
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l o ₂	200	180
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/l o ₂		90
Solidos suspendidos Totales (SST)	mg/l	100	90
solidos sedimentables (SSED)	mg/l	5	5

Grasas y Aceites	mg/l	20	20
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/l		Análisis y Reporte
Hidrocarburos			
Hidrocarburos totales (HTP)	mg/l		Análisis y Reporte
Compuestos de Fosforo			
Ortofosfatos	mg/l		Análisis y Reporte
Fosforo Total (P)	mg/l		Análisis y Reporte
Compuestos de Nitrógeno			
Nitratos NNO ₃	mg/l		Análisis y Reporte
Nitratos NNO ₃	mg/l		Análisis y Reporte
Nitrógeno Amoniacal NNH ₃	mg/l		Análisis y Reporte
Nitrógeno total (N)	mg/l		Análisis y Reporte

Fuente: Iván Mauricio Martínez Guzmán

2.3.3 Características de las aguas residuales domesticas

Para Mihelcic y Zimmerman (2012, pág. 464) Las aguas no tratadas estas son estimadas como elevadamente contaminantes, aun así cuando la cuantía de contaminante que contenga pueda verse como mínima, como por ejemplo 1m³ de agua residual municipal pesa a lo menos de 1 millón de g, aun así pueda tener solamente 500g de contaminante, pero de todas maneras este mínimo fraccionamiento de contaminante puede tener serios impactaciones ecológicas y serios problemas de salud si se descarga si tratar. El agua restante domestico es aparentemente grisáceo y turbia y cuenta con una T° de 10°C a 20°C.

Tabla 3*Concentración de los Sustituyentes Principales*

Concentración de los Constituyentes Principales, Encontrados en Aguas Residuales de Resistencia Promedio			
Constituyente	Comentado Previamente en	Concentrado Promedio	Comentarios
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	Capítulos 2, 3 y 5	200 mg	Los materiales demandantes de oxígeno pueden provocar agotamiento del contenido del oxígeno de aguas receptoras
Solidos Suspendidos	Capítulos 2 y 10	240 mg/l (solidos totales típicamente 800 mg/l)	Ocasionan que el agua sea turbia, en el que contienen también materiales orgánicos y por ende apoyan a la DBO, pueden tener otros contaminantes o patógenos
Patógenos	Capítulos 5 y 10	3 millones de coliformes por 100 ml	Microorganismos originantes de enfermedades usualmente asociadas con material fecal
Nutrientes como el Nitrógeno y el Fosforo	Capítulos 3 y 5	nitrógeno total: 35mg N/l nitrógeno inorgánico: 15 mg N/L fosforo total: 10 mg P/L	Pueden apresurar el crecimiento de plantaciones acuáticas, apoyar a la eutrofización; el amonio es toxico para la vida acuática pueden apoyar al DBON
Químicos Tóxicos	Capítulos 3,5,6 y10	Variables	Metales pesados como el mercurio cadmio y cromo, químicos orgánicos como pesticidas, solventes, productos de combustibles
Químicos Emergentes Preocupantes	Capítulos 6 y 10	Desconocido o Variable	Farmacéuticos, cafeína, tensoactivos, fragancias, perfumes, otros químicos descriptores de endocrinas.

Fuente: Mihelcic y Zimmerman, (2012, pág. 464)

2.3.4 Carga orgánica

La carga contaminante de las diversas corrientes son las concentraciones o valores totales de productos contaminantes en dichas corrientes el cual son expresados de diferentes formas, como por ejemplo para compuestos orgánicos que están sometidos a oxidación bioquímica, la demanda bioquímica de oxígeno, es la más empleada para la medición de concentración del material orgánico. (Ramalho, 1983, pág. 5)

2.3.5 Parámetros físicos de las aguas residuales

Para Epigares y Pérez (1985, pág. 14) Los análisis físicos de las aguas residuales son las siguientes:

- **Turbidez:** las sustancias responsables de la turbidez del agua son las partículas en suspensión, tales como arcilla, minerales, sedimentos, materia orgánica e inorgánica Coagulación 163 finamente dividida, plancton, bacterias y otros microorganismos. Estas partículas causantes de la turbiedad pueden ser coloidales o materia insoluble de mayor tamaño. Los componentes más frecuentes y comunes de las aguas turbias son las arcillas, que constituyen un material natural, terroso, de gránulos muy finos, que se vuelve plástico cuando se mezcla con cierta cantidad de agua. Varios análisis de arcilla han demostrado que esta se compone principalmente de sílice, aluminio y agua, frecuentemente con cantidades apreciables de hierro, álcalis y tierra alcalina. Barrenechea (2004, pág. 163).
- **Temperatura:** la temperatura del agua presenta una principal importancia en los distintos procedimientos que en ella se realiza, de manera que un incremento de la temperatura cambia la solución de las sustancias incrementando la de los sólidos disueltos y minimizando la de los gases. La labor biológica por lo general se redobla cada diez grados (ley del Q10), si en caso aumentara el valor característico de cada especie viva, se tendría efectos perjudiciales sobre el organismo. Un incremento no normal

ocasionadas por orígenes no climáticos de la T° del agua, pues es común tener su origen en el vertido de aguas usadas en los procedimientos industriales de intercambio de calor. (Gestion ambiental, 2000, pág. 3)

- **Sólidos en suspensión SST:** la definición de solido es la materia que continua como resto posterior a la evaporación y secado de 103°C, en el que incorpora toda la materia, a excepción el agua contenida en los materiales líquidos pues en el campo de la ingeniera sanitaria es primordial realizar la medición de la cuantía de material solido contenido en una gran variedad de sustancias liquidas y semilíquidas que van desde aguas potabilizables hasta aguas contaminadas, aguas residuales, restos de las industrias y lodos originados en los procesos de tratamiento.

Los sólidos en suspensión vienen hacer restos no filtrables o no disueltos estas se determinan por filtración por medio de un filtro de asbesto o de fibra de vidrio, en un crisol con su contenido se saca a 103 – 105 C°, el aumento de peso, sobre el peso al inicio, simboliza el contenido de solidos suspendido o resto no disuelto (Gestion ambiental, 2000, pág. 32)

Según Hernández (sf, pág. 7), el cálculo de los sólidos en suspensión se da de la siguiente manera.

$$SST = \frac{(A - B)100}{V}$$

Donde:

SST: Solidos suspendidos totales en mg/l.

A: Peso final del conjunto (disco + capsula de aluminio) con el resto seco, en mg.

B: Peso inicial del conjunto (disco + capsula de aluminio) en mg.

V: Volumen de muestra Filtrada, en ml.

- **Eliminación de sólidos suspendidos:** El grado de clarificación obtenido cuando se añaden reactivos al agua residual cruda depende de la cantidad de reactivos utilizados, y del cuidado con que se controlan y operan los

procesos. Mediante la precipitación química, es posible eliminar del 80 al 90 por 100 de los sólidos en suspensión, del 70 al 80 por 100 de la DB05, y del 80 al 90 por 100 de las bacterias. Los valores comparables de eliminación para tanques de sedimentación primaria correctamente diseñados y operados sin adición de reactivos están entre el 50 y el 70 por 100 para los sólidos suspendidos, del 25 al 40 por 100 de la DB05, y del 25 al 75 por 100 para las bacterias. Dado que las características del agua residual son:

Tabla 4
Carga de Superficie

Carga de Superficie m ³ /m ³ . d		
Suspensión	Intervalo	Caudal Punta
Floculo de Alumina	25-50	50
Floculo de Hierro	25-50	50
Floculo de Cal	30-60	60
Agua Residual Cruda	25-50	50

Fuente: Google

2.3.6 Parámetros químicos de las aguas residuales

Para, Romero (1999), citado por Muñoz (2008) Los análisis químicos de las aguas residuales son las siguientes: (pág. 49)

- **PH**

Un pH que se encuentre entre la tasación de 5 a 9, no suele tener un efecto significativo sobre la mayoría de las especies, no obstante, algunos son muy severos a este en mención. Una característica primordial del pH es la agresividad de las aguas acidas, que da un sitio a la solubilización de sustancias por ataque a los materiales. (Epigares García & Pérez López, 1985)

De esta manera una fluente con pH adverso puede cambiar el compuesto y cambiar la vida biológica de las aguas naturales, también es más difícil de

tratar por métodos biológicos que solamente pueden desarrollarse entre las tasaciones de pH de 6.5 a 8.5. Las aguas residuales urbanas suelen tener un pH próximo al neutro. A parte del efecto directo, el pH tiene un efecto indirecto, influenciando la toxicidad de algunas sustancias, en especial de aquellos en las que la toxicidad va a pender del nivel de separación. (Epigares García & Pérez López, 1985, pág. 14)

- **Demanda química de oxígeno (DQO)**

La demanda química de oxígeno, viene a ser un parámetro analítico de contaminante que hace la medición del material orgánico contenido en una muestra líquida por medio de la oxidación química, el determinado de la DQO es una medición orgánica que se presenta en una muestra y oxidable por un agente químico oxidante fuerte generalmente representa el contenido orgánico total de la muestra, oxidable por dicromato en solución ácida, el ensayo tiene la ventaja de ser más rápido que el DBO y no están a disposición de varias variables como las que se pudieran mostrarse en el ensayo biológico. Todos los componentes orgánicos, con una mínima excepción, pueden ser oxidados a CO₂ y agua por medio de la acción de agentes oxidantes fuertes, en condiciones ácidas.

La oxidación de la mayor parte de las formas de materia orgánica se realiza por medio de la ebullición de la muestra con una combinación de sulfúrico y un acceso de dicromato de potasio estándar. La combinación que se formó por la muestra más cantidades conocidas de dicromato de potasio y ácido sulfúrico es sujeta a reflujo por 2 horas, en periodos del reflujo la materia orgánica oxidable minimiza una cuantía semejante de dicromato.

La demanda química de oxígeno DQO, vienen hacer la cuantía de oxígeno que se solicitada para oxidar totalmente por medios químicos los

compuestos orgánicos a CO_2 y H_2O . En la práctica la materia orgánica en agua es oxidada por $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ bajo condiciones precisas en medio de ácido sulfúrico concentrado, y a una temperatura de 160°C la cantidad de oxígeno de dicromático utilizado, es definida y manifestada como DQO. (Universidad Euskal Herriko, s.f, pág. 6)

- **Demanda bioquímica de oxígeno DBO**

Uno de los ensayos más importantes para la determinación de la concentración de las aguas residuales es el ensayo de DBO a 5 Días, originalmente la DBO es una medición de la cantidad de oxígeno usada por los microorganismos en el estabilizado de la materia orgánica biodegradable, por debajo de las condiciones aerobias, en un periodo de 5 días y a 20°C .

En las aguas residuales domésticas, el valor de la DBO a 5 días representa un valor de 65 a 70 % de lo global de la materia oxidable. La DBO, como todo ensayo biológico, necesita un trato principal en su realizado, como el conocer los caracteres esenciales que deberían cumplirse, con la finalidad de obtener estimaciones representativas confiables.

La temperatura elegida para la determinación de la estimación de DBO es de 20°C y debe de mantenerse constante en periodos del ensayo, la velocidad de las reacciones en el tiempo del ensayo se verá afectada si se cambia la temperatura, por ende, los resultados no serían correspondientes al proceso estandarizado y en consecución, no serían comparables.

La DBO es la cantidad de oxígeno requerida por los microorganismos para la oxidación aerobia de la materia orgánica biodegradable presente en el agua en el que solamente mide la materia orgánica biodegradable, lo que más utiliza es la DBO5 (5 días, 20°C), la descomposición de la materia orgánica por parte de los microorganismos sigue una cinética de primer

orden, con la que la DBO medida a un tiempo (t). (Universidad Euskal Herriko, s.f, pág. 21)

2.3.7 Métodos de medida de concentración orgánica

Un método se basa en la cantidad de carbono orgánico total (COT) presente en los restos, el COT se determina realizando la medición de la cuantía de CO₂ que se produce cuando el carbono orgánico de la muestra se oxida a través de un oxidante fuerte y comparándolo con la cuantía que origina un estándar de COT conocida. En la mayoría, los otros métodos están basados en la cuantía de oxígeno que es necesario para la conversión de material oxidable en productos finales estables, puesto que el oxígeno que se consume es proporcional al material orgánico presente, el cual les sirvió como una medición relativa de la concentración de las aguas residuales.

Los dos métodos más utilizados para la determinación de las necesidades de oxígeno de las aguas residuales son las pruebas de DQO y DBO siendo la demanda química de oxígeno vienen hacer la cuantía de oxígeno necesario para oxidar químicamente las sustancias orgánicas presentes y la demanda bioquímica de oxígeno viene hacer la cuantía medida de oxígeno que requiere microorganismos aclimatados para degradar biológicamente la materia orgánica de las aguas residuales.

La DBO es el parámetro más primordial en el manejo del contaminante del agua, este dato se usa como una medición del contaminante orgánico, como una base para su estimación del oxígeno vital para los procedimientos biológicos y como un indicador del rendimiento de los procesos (Glynn & Heinke, 1999, pág. 424).

2.3.8 Aplicaciones típicas del sulfato de aluminio

Tratamiento de aguas residuales: el sulfato de aluminio es un producto económico y efectivo en el eliminado del fósforo en las plantas de tratamiento de aguas residuales, tanto en las municipalidades como en las industriales y clarifica el agua al precipitar los sólidos suspendidos.

Tratamiento de las aguas potables: este componente permite la clarificación del agua potable ya que funciona como un coagulante y por tal este sedimenta los sólidos en suspensión los cuales por su tamaño requieren un periodo largo para su sedimentación. (PQ Corporation, 2019, pág. 1)

Tabla 5

Propiedades del Sulfato de Aluminio Líquido

Sulfato de Aluminio Líquido		
Propiedades	Estándar	Libre Fe
AL ₂ O ₃ %	7.4 - 7.7	7.4 - 7.7
Apariencia	Líquido Ambar	Líquido Blanco
Basicidad %	0.34 Min.	0.34 min.
Fe ₂ O ₃ %	1.0 Máximo	0.01 Máximo
Densidad°Be	33.0 - 34.0	33.0 - 34.0
Densidad g/ml	1.29 - 1.32	1.29 - 1.32

2.4 Definición de términos

Suspensiones Química: Variables, las dosis de reactivos necesarias se deben determinar a partir de ensayos de laboratorio o con planta piloto. (Cajigas, 1995).

Acidez: La acidez de un agua puede definirse como su capacidad para neutralizar bases, como su capacidad para reaccionar con iones hidróxido, como su capacidad para ceder protones o como la medida de su contenido total de sustancias ácidas. (Barrachea, 2004)

Sulfato De Aluminio: El sulfato de aluminio es una sal de fórmula $Al_2(SO_4)_3$, es sólido y blanco, es ampliamente usada en la industria, comúnmente como floculante en la purificación de agua potable y en la industria de papel, cuando el pH del agua es débilmente ácido, neutro débilmente alcalino, el aluminio precipita arrastrando las partículas en suspensión dejando el agua transparente. (Barrachea, 2004)

Turbidez: La turbidez o turbiedad es una expresión de la propiedad o efecto óptico causado por la dispersión e interferencia de los rayos luminosos que pasan a través de una muestra de agua; en otras palabras, es la propiedad óptica de una suspensión que hace que la luz sea reemitida y no transmitida a través de la suspensión. (Barrachea, 2004)

Color: Las causas más comunes del color del agua son presencia de hierro y manganeso coloidal o en solución; el contacto del agua con desechos orgánicos, hojas, madera, raíces, etc., en diferentes estados de descomposición, y la presencia de taninos, ácido húmico y algunos residuos industriales. (Barrachea, 2004)

Sólidos: Se clasifica toda la materia, excepto el agua contenida en los materiales líquidos, como materia sólida. En ingeniería sanitaria es necesario medir la cantidad del material sólido contenido en una gran variedad de sustancias líquidas y semilíquidas que van desde aguas potables hasta aguas contaminadas, aguas residuales, residuos industriales y lodos producidos en los procesos de tratamiento. (Barrenechea, 2004)

Sólidos totales: Se define como sólidos la materia que permanece como residuo después de evaporación y secado a $103^\circ C$. El valor de los sólidos totales incluye material disuelto y no disuelto (sólidos suspendidos). Para su determinación, la muestra se evapora en una cazuela pesada con anterioridad, preferiblemente de platino, sobre un baño de María, y luego se seda a $103 - 105^\circ C$. El incremento de

peso, sobre el peso inicial, representa el contenido de sólidos totales o residuo total. (Barrenechea Martel, 2004)

Sólidos disueltos (O residuo filtrable): Son determinados directamente o por diferencia entre los sólidos totales y los sólidos suspendidos. Si la determinación es directa y el residuo de la evaporación se seca a 103 – 105 °C, el incremento de peso sobre el de la cazuela vacía representa los sólidos disueltos o residuo filtrable. (Barrenechea, 2004)

Sólidos Suspendidos (residuo no filtrable o material no disuelto): Son determinados por filtración a través de un filtro de asbesto o de fibra de vidrio, en un crisol Gooch previamente pesado. El crisol con su contenido se seca a 103 – 105 °C; el incremento de peso, sobre el peso inicial, representa el contenido de sólidos suspendidos o residuo no filtrable. (Barrenechea, 2004).

Sólidos volátiles y sólidos fijos: Esta determinación se suele hacer en aguas residuales y lodos con el fin de obtener una medida de la cantidad de materia orgánica presente. El procedimiento estándar consiste en someter las cazuelas, con el residuo retenido después de completar el ensayo para sólidos totales, o el crisol Gooch, luego de completar el ensayo para sólidos suspendidos, a calcinamiento en una mufla, a una temperatura de 550 – 50°C, durante quince a veinte minutos. La pérdida de peso se registra como mg/L de sólidos volátiles y el residuo como mg/L de sólidos fijos. (Barrenechea Martel, 2004).

Sólidos sedimentables: La denominación se aplica a los sólidos en suspensión que se sedimentaran, en condiciones tranquilas, por acción de gravedad, La determinación se hace llenando un cono Imhoff de un litro de volumen y registrando el volumen de material sedimentado en el cono, al cabo de una hora, en mL/L, (Barrenechea, 2004).

Floculación: El propósito de la floculación del agua residual es formar agregados o flóculos a partir de la materia finamente dividida. A pesar de que, normalmente, no se suele incluir en las instalaciones típicas de tratamiento, vale la pena tener en cuenta el uso de la floculación del agua residual por agitación mecánica o con aire cuando los objetivos sean: aumentar la eliminación de los sólidos en suspensión y de la DBO en las instalaciones de decantación primada; acondicionar el agua residual que contenga vertidos industriales, y mejorar la eficiencia de los decantadores secundarios especialmente cuando se trata del proceso de fangos activados. (Barrachea, 2004)

Aguas Residuales: Son cualquier tipo de agua cuya calidad se vio afectada negativamente por influencia antropogénica. (Barrachea, 2004)

Agua residual domestica: son las aguas de naciente domesticas de comercios o instituciones que contienen desechos fisiológicos entre otros que sos producidos por los humanos (Norma os.090, s.f, pág. 4)

Agua residual municipal: estas vienen hacer las aguas residuales domésticas, en el que se incluyen en este grupo de conceptualización a la combinación de aguas residuales domesticas con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial, siempre en cuando estas se adhieran al reglamento de las condiciones para ser unidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado. (Norma os.090, s.f, pág. 4)

Coagulante: vienen hacer un electrolito simple, comercialmente sal orgánica, que contiene un catión multivalente de hierro, aluminio o calcio, se utiliza para desestabilizar las partículas coloidales favoreciendo su aglomeración.

Coagulación: son aglomeraciones de partículas coloidales (< 0,001 mm) y dispersas (0,001 a 0,01 mm) en coágulos visibles, por adición de un coagulante. (Norma os.090, s.f, pág. 5)

Demanda química de oxígeno: es la medición de la cuantía de oxígeno que necesita para la oxidación química de la materia orgánica del agua residual, utilizando como oxidantes sales inorgánicas de permanganato o dicromato de potasio. (Norma os.090, s.f, pág. 6)

Agua potable: agua apta para el consumo humano, de acorde con las estipulaciones físicas químicas y microbiológicas que establece la norma vigente. (Texto Unico Ordenado del Reglamento de la Ley General de Servicio de Saneamiento Ley N°26338 aprobado por decreto supremo N°023-2005- Vivienda, 2005, pág. 29)

Aguas servidas o residuales: desecho líquido proveniente de las descargas por la utilización del agua en labores domésticas o de otra índole. (Texto Unico Ordenado del Reglamento de la Ley General de Servicio de Saneamiento Ley N°26338 aprobado por decreto supremo N°023-2005- Vivienda, 2005, pág. 29)

Aguas servidas tratadas o aguas residuales tratadas: son aguas procesadas en sistemas de tratamiento para la satisfacción de las condiciones de calidad especificadas por las autoridades sanitarias, en correlación con la clase de cuerpo receptor al que serán descargadas o a sus posibilidades de utilización. (Texto Unico Ordenado del Reglamento de la Ley General de Servicio de Saneamiento Ley N°26338 aprobado por decreto supremo N°023-2005- Vivienda, 2005, pág. 29)

Demanda bioquímica de oxígeno: El material orgánico necesita oxígeno para que se pueda descomponer en un curso de agua, la elevada cuantía orgánica apoya en el desarrollo de las bacterias y hongos. El oxígeno utilizado para la oxidación de la materia orgánica, consume el oxígeno usado para el crecimiento de la fauna y la flora acuática. (Industrial Data, 2014, pág. 75)

Atracción y puente: Cuando las partículas están cargadas de manera negativa, este hecho se explica por la teoría del puente, las moléculas del polímero muy largas contienen agrupaciones químicas que pueden absorber las partículas coloidales, la molécula de polímero puede así abstraer las partículas coloidales en una de sus extremidades, por ende los otros sitios se encuentran libres para la adsorción de otras partículas, por tal motivo se dicen que las moléculas de los polímeros forman el puente entre las partículas coloidales, esto puede tener una estabilización de la suspensión, por el exceso de carga de polímeros. Andia (s.f., pág. 13)

2.5 Hipótesis

2.5.1 Hipótesis general

a) Formulación de la hipótesis nula y alterna para el objetivo general

- Formulación para eficiencia de remoción

Ha: La remoción de la carga orgánica de aguas residuales domésticas existe diferencia por el método de coagulación con sulfato de aluminio en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana – Huancavelica.

$$\mu \neq \text{Remocion}$$

Ho: La remoción de la carga orgánica de aguas residuales domésticas no existe diferencia por el método de coagulación con sulfato de aluminio en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana – Huancavelica.

$$\mu = \text{Remocion}$$

b) Formulación de la hipótesis nula y alterna para los objetivos específicos

- Formulación de la hipótesis para temperatura

Ha: La coagulación de sulfato de aluminio en el parámetro físico, temperatura (C°) existe diferencia de la remoción de la carga orgánica de aguas residuales domesticas en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana – Huancavelica.

$$\mu \neq C^{\circ}$$

Ho: La coagulación de sulfato de aluminio en el parámetro físico, temperatura (C°) no existe diferencia de la remoción de la carga orgánica de aguas residuales domesticas en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana – Huancavelica.

$$\mu = C^{\circ}$$

- Formulación de la hipótesis para turbiedad

Ha: La coagulación de sulfato de aluminio en el parámetro físico turbiedad (C°) existe diferencia de la remoción de la carga orgánica de aguas residuales domesticas en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana – Huancavelica.

$$\mu \neq NTU$$

Ho: La coagulación de sulfato de aluminio en el parámetro físico, turbiedad (C°) no existe diferencia de la remoción de la carga orgánica de aguas residuales domesticas en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana – Huancavelica.

$$\mu = NTU$$

- Formulación de la hipótesis para demanda bioquímica de oxígeno

Ha: La coagulación de sulfato de aluminio en el parámetro químico, demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) existe diferencia de la remoción de la carga orgánica de aguas residuales domesticas en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana – Huancavelica.

$$\mu \neq mg/L$$

Ho: La coagulación de sulfato de aluminio en el parámetro químico, demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) no existe diferencia de la remoción de la carga orgánica de aguas residuales domesticas en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana – Huancavelica.

$$\mu = mg/L$$

- Formulación de la hipótesis para demanda química de oxígeno

Ha: La coagulación de sulfato de aluminio en el parámetro químico, demanda química de oxígeno (DQO) existe diferencia de la remoción de la carga orgánica de aguas residuales domesticas en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana – Huancavelica.

$$\mu \neq mg/L$$

Ho: La coagulación de sulfato de aluminio en el parámetro químico, demanda química de oxígeno (DQO) no existe diferencia de la remoción de la carga orgánica de aguas residuales domesticas en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana – Huancavelica.

$$\mu = mg/L$$

- Formulación de la hipótesis para pH

Ha: La coagulación de sulfato de aluminio en el parámetro químico de demanda química de oxígeno (DQO) existe diferencia de la remoción de la carga orgánica de aguas residuales domesticas en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana – Huancavelica.

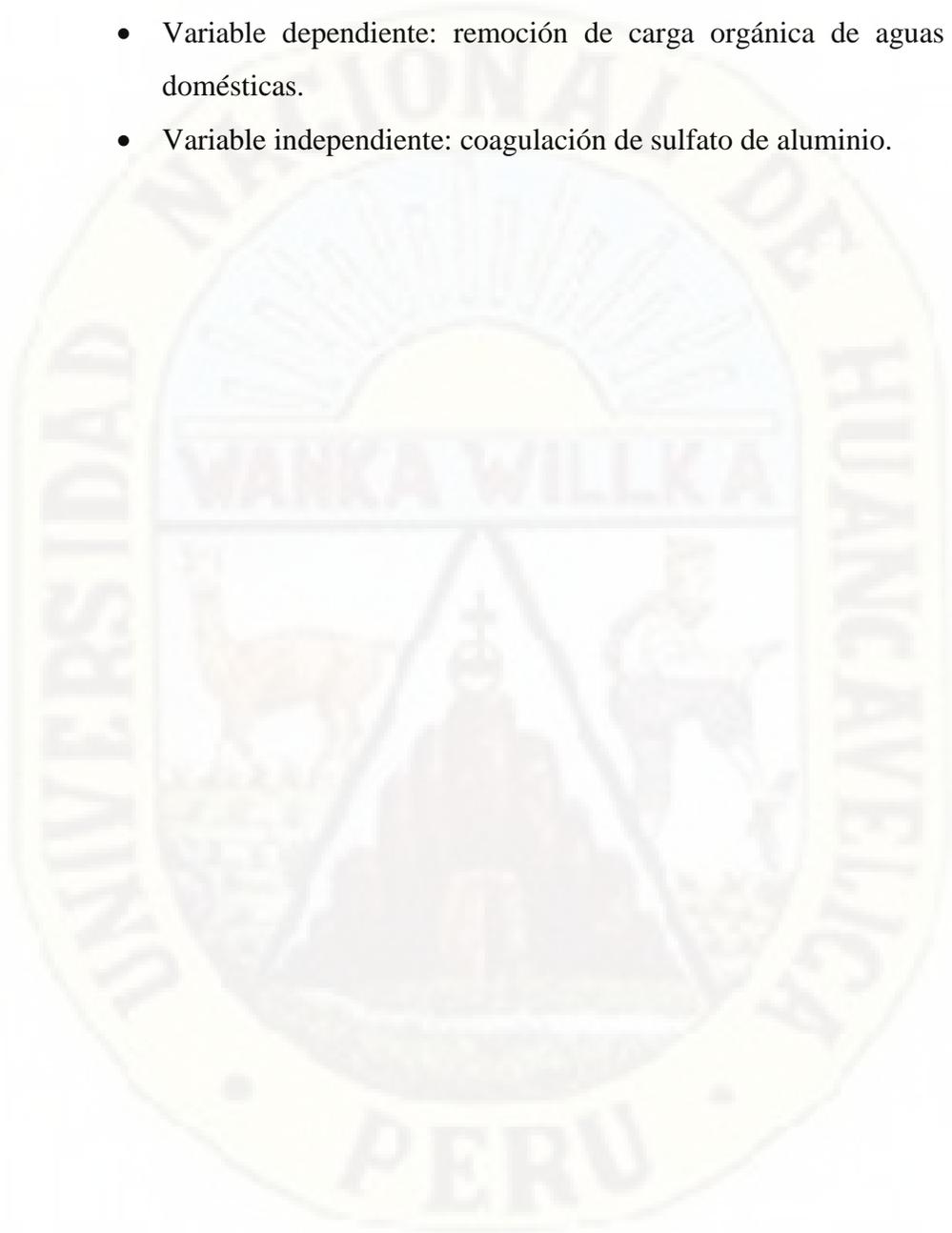
$$\mu \neq pH$$

Ho: La coagulación de sulfato de aluminio en el parámetro químico demanda química de oxígeno (DQO) no existe diferencia de la remoción de la carga orgánica de aguas residuales domesticas en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana – Huancavelica.

$$\mu = pH$$

2.6 Variables

- Variable dependiente: remoción de carga orgánica de aguas residuales domésticas.
- Variable independiente: coagulación de sulfato de aluminio.



2.7 Operacionalización de variables

Tabla 6

Operacionalización de Variables

Variables	Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Instrumento	Escala de medición
<u>Variable dependiente</u> Eficiencia de remoción de carga orgánica de aguas residuales domesticas	Las aguas residuales procedentes de zonas de vivienda y de servicios, generadas principalmente por el metabolismo humano y las actividades domésticas. (Benavides, 2006)	Se realizó la toma de muestra del afluente de agua residual domésticas y se elaboró los análisis respectivos de los parámetros físico químicos.	Parámetros físicos	Turbidez	Turbidímetro	UNT
				Temperatura (T°)	Termómetro	Multiparámetro
			Parámetros químicos	Demanda química de oxígeno (DQO)	Medidor de DQO	de mg/l
				Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	Medidor DBO	de mg/l
<u>Variable independiente</u> Método de coagulación con sulfato de aluminio	El sulfato de aluminio, coagulante por excelencia, encuentra múltiples aplicaciones gracias a su eficacia y flexibilidad en la remoción de aguas con alta turbiedad y bajo color, así como en casos de baja turbiedad con color (Barrenechea, 2004)	En el trabajo se utilizará el coagulante del sulfato de aluminio cuya fórmula de compuesto es Al ₂ (SO ₄) ₃ 14 H ₂ O, para la obtención de mejores resultados se provocará una alta turbulencia para un rápido mesclado por un corto tiempo después del punto de adición.		PH	Multiparámetro	Unidades de pH
				Dosis sulfato de aluminio 20 mg/L		
			Dosis de sulfato de aluminio	40 mg/L	Instrumento de prueba de Jarras	mg/l
				Dosis sulfato de aluminio 80 mg/L		
				Dosis sulfato de aluminio 100 mg/L		
				Dosis sulfato de aluminio 120 mg/L		

Fuente: elaboración propia

CAPÍTULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1 Ámbito temporal y espacial

3.1.1 Ámbito temporal

El proceso de recolección de datos, análisis en laboratorio, ensayo Prueba de jarras en laboratorio, análisis de los datos obtenidos en nuestro trabajo de investigación comprende desde el mes de Setiembre del 2020 al mes de marzo del 2021.

Tabla 7

Cronograma Designado/

Actividad	Año – 2020				Año - 2021	
	Setiemb	Octub	Noviemb	Diciemb	Enero	Feb
Revisión del Reglamento de Grados y Títulos - Esquema del Plan de Tesis	X					
Elaboración del plan de tesis	X	X				
Presentación del plan de tesis		X	X			
Designación de docente asesor y miembros del jurado para el proyecto de investigación			X			
Opinión del proyecto de investigación por los			X			

miembros del jurado y asesor			
Revisión y Aprobación del plan de tesis	X		
Ampliación del marco teórico		X	
Elaboración de recolección de datos			X
Procesamiento de la información e interpretación de los resultados			X
Presentación del informe de tesis y aprobación por los miembros del jurado			X
Sustentación de la tesis			X

Fuente: Elaboración propia

3.1.2 Ámbito espacial

Trabajo de laboratorio

Los análisis de los parámetros del agua residual cruda se realizaron en los ambientes de laboratorio de la Universidad nacional de Huancavelica (Biología y Microbiología).

El ensayo de Prueba de jarras para obtener la dosis óptima del coagulante sulfato de aluminio se realizó en el laboratorio de la empresa prestadora de servicios “EMAPA” – Huancavelica.

La actividad en campo para el identificado y seleccionado de las unidades experimentales y la adquisición de muestras para los distintos estudios se desarrolló en el lugar denominado Agua de Vichi perteneciente al barrio Santa Ana del Distrito, Provincia y Región de Huancavelica.

Ubicación política:

- Departamento / región: Huancavelica
- Provincia: Huancavelica
- Distrito: Huancavelica

Coordenadas UTM:

- Coordenada este: 504006.39
- Coordenada norte: 8587085.10
- Altitud: 3683 msnm

Figura 6

Ubicación de la zona de investigación



Fuente: Google Eart (2020).

3.2 Tipo de investigación

Esta investigación de tipo aplicada es el empleo de los conocimientos mediante la práctica en si misma, dándose su desarrollo de práctica en los entornos naturales de campo para adjuntarlos en la mayoría de los casos en provecho de la persona humana y el ámbito del entorno social. Gago (s.f., pág. 9)

La presente investigación busca la aplicación o utilización de los conocimientos que se adquieren. Enriqueciéndose de descubrimientos y avances con utilización y consecuencias prácticas de los conocimientos. Vinculada con la investigación básica pues depende de los resultados y avances de esta última.

3.3 Nivel de investigación

El nivel de investigación es explicativo. Este nivel de investigación se basa en buscar respuestas a una pregunta principal, con el solo hecho de llegar la persona a conocer el ¿Por qué? De las cosas o hechos que se suscitan en el entorno en general, tratando de indagar o buscar el motivo del cómo se suscitaron tales hechos y acontecimientos estableciendo la relación de causa – efecto, esta investigación es un proceso que es más avanzado de la simple descripción de objetos (Niño, 2011, pág. 35)

Este nivel de investigación en el trabajo de investigación plantea resolver un problema enmarcándose a la innovación técnica, artesanal e industrial como la científica. Las técnicas estadísticas del control de calidad a usar apuntan a evaluar el éxito del tratamiento de aguas residuales en cuanto a: proceso, resultados e impactos.

3.3.1 Diseño de investigación

La investigación se encuentra incluida dentro del diseño de investigación experimental. La investigación experimental es la que se realiza manipulando las variables independientes; para poder obtener resultados en la variable dependiente y

se basa manipulación de los procesos producidos por el factor con la intervención directa del investigador (Hernández *et al.*, 2014).

La presente tesis fue conducida de acuerdo al siguiente modelo estadístico matemático diseño completamente al azar (DCA) simple.

$$y_{ij} = \mu + S_i + E_{IJ}$$

Donde:

y_{ij} = Remoción de remoción de la carga orgánica de aguas residuales domesticas

μ = Media

S_i = Sulfato de aluminio (1,2,3,4,5 y 6)

E_{IJ} = Error experimental de 0.05 %

3.4 Población, muestra y muestreo

3.4.1 Población

La población en el presente trabajo de investigación es el afluente del río principal de Huancavelica el Río Ichu, que actúa como cuerpo receptor. El punto que tomamos como población es una cámara de reunión de caudales de las aguas residuales domésticas proveniente del barrio de Santa Ana, situado en el lugar denominado Agua de Vichi, lo cual presenta un caudal promedio de 8 l/s.

3.4.2 Muestra

Se realizaron 3 muestreos para obtener datos suficientes, de las cuales en cada una de ellas se tomaron 6 muestras representativas de aguas residuales domésticas, tomados en un lugar donde no haya interferencia por los sólidos de gran tamaño, el cual hacen un total de 18 muestras. Estas muestras fueron enviadas a laboratorio para su análisis respectivo y obtener datos iniciales del agua residual cruda, para después hacer la comparación una vez realizada la prueba de jarras con

el coagulante sulfato de aluminio con distintas dosis. Las muestras fueron tomadas de la siguiente manera:

- a) Muestras en campo:
 - ✓ Se tomaron 5 muestras en campo de los parámetros: Turbiedad, DBO, DQO, PH y Temperatura. Cada una de ellas en distintos frascos para su conservación.
 - ✓ Se tomó una muestra de 30 L para realizar el ensayo de Prueba de jarras en el laboratorio.
- b) Muestras de laboratorio:
 - ✓ Se tomaron muestras para el análisis de los parámetros físicos y químicos de cada dosis de sulfato de aluminio empleada en la prueba de jarras como muestra el cuadro.

Tabla 8

Muestras para Análisis de Parámetros Físicos Químicos de Cada Dosis de Coagulante

Dosis de Sulfato de Aluminio	Parámetros				
	Físicos		Químicos		
	Turbiedad	Temperatura	DBO5	DQO	PH
20 ppm $Al_2(SO_4)_3$	x	x	x	x	x
40 ppm $Al_2(SO_4)_3$	x	x	x	x	x
60 ppm $Al_2(SO_4)_3$	x	x	x	x	x
80 ppm $Al_2(SO_4)_3$	x	x	x	x	x
100 ppm $Al_2(SO_4)_3$	x	x	x	x	x
120 ppm $Al_2(SO_4)_3$	x	x	x	x	x

3.4.3 Muestreo

El muestreo en campo se realizó 3 veces para obtener una muestra representativa del agua residual doméstica el cual se evalúa en el instante los parámetros de pH y temperatura, posteriormente llevamos a un laboratorio para su respectivo análisis en los parámetros de demanda química de oxígeno (DQO),

demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y turbiedad. De igual manera se realiza 3 muestreos para la obtención de muestras representativas de agua residual doméstica, para el ensayo de prueba de jarras en laboratorio y posterior a ello evaluar también los parámetros de cada dosis aplicada para comparar y obtener finalmente la dosis óptima.

3.5 Instrumentos y técnicas para la recolección de datos

3.5.1 Técnicas de recolección de datos

La técnica utilizada en nuestra investigación fue la de la observación, donde se realizó un diagnóstico en campo para tomar criterios sobre los puntos de muestreo. Se hizo uso de la técnica de muestras simples, haciendo cumplimiento del “Protocolo de monitoreo de la calidad de efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas o municipales” aprobado por Resolución Ministerial N° 273-2013- VIVIENDA.

3.5.2 Instrumentos de recolección de datos de campo

Para realizar la medición de los parámetros en campo (pH y temperatura) a fin de obtener la confiabilidad de los datos, se hizo uso de los siguientes instrumentos:

- pHmetro digital

Es un instrumento que permite determinar el pH de manera rápida y precisa por medio de un electrodo. Para la calibración se usan disoluciones patrón con un valor de pH conocido, los llamados buffers de pH. Se introduce el electrodo del pHmetro en un buffer pH 4.0 (ácida), buffer pH 7.0 (neutro) y buffer pH 10.0 (alcalino). La calibración es realizada para cada uso.

- Termómetro

Este parámetro también lo mide el mismo equipo de pHmetro, se tiene que pulsar en el botón de Temperatura y nos brinda la lectura.

- GPS (Sistema de Posicionamiento Global)

El equipo que se utilizó es el GPS eTrex 20 de la marca Garmin, para que nos permita ubicar con precisión la ubicación de la zona donde realizamos el presente trabajo de investigación.

- Ficha de laboratorio

Se hizo uso de los formatos establecidos en el “Protocolo de monitoreo de la calidad de efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales” aprobado por Resolución Ministerial N° 273-2013- VIVIENDA, las cuales son:

- ✓ Formato de etiquetado y rotulado
- ✓ Formato de cadena de custodia
- ✓ Formato de resultado de datos

3.5.3 Procedimiento de recolección de datos en campo

Para recolectar datos se hizo un diagnóstico general del lugar donde se vierte las aguas residuales domésticas antes de llegar al cuerpo receptor río Ichu, para elegir puntos de muestreo y tomar muestras representativas. Hacemos uso del “Protocolo de monitoreo de la calidad de efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales” aprobado por Resolución Ministerial N° 273-2013- VIVIENDA, como instrumento de guía para realizar un correcto muestreo y recolección de datos.

3.5.3.1 Reconocimiento del lugar y ubicación del punto de muestreo

Se tomó este lugar porque es un punto de reunión de los caudales de las aguas residuales domésticas de las viviendas del barrio de Santa Ana, dicho punto está situado en el lugar denominado Agua de Vichi, con coordenadas este: 504006.39 y norte: 8587085.10.

Las aguas residuales de este punto una vez combinadas con los distintos colectores, descargan en el río Ichu sin un previo tratamiento. La forma que tiene la estructura de reunión de caudales es la de un canal de forma rectangular, por tanto, se tomó la muestra a un tercio del tirante

de la superficie, evitando tomar las muestras cerca de la superficie o del fondo, evitando también partículas grandes, sedimentos y/o material flotante.

3.5.3.2 Procedimiento de recolección de muestras

La toma de muestras se realizó en cumplimiento al “**Protocolo de monitoreo de la calidad de efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales**” Resolución Ministerial N° 273-2013- VIVIENDA.

a) Programa de monitoreo

Se ha realizado la toma de muestras de los parámetros físicos: temperatura (T) y Turbiedad, parámetros químicos: Demanda bioquímica de oxígeno (DBO), Demanda química de oxígeno (DQO₅) y Potencial de hidrogeno (pH), ya que según el protocolo son los parámetros más importantes que se deben analizar en caso de aguas residuales domésticas. Se realizó 3 repeticiones de monitoreo en campo y enviar a un laboratorio para su análisis respectivo y de ello obtener los datos iniciales del agua residual cruda, es decir sin previo tratamiento.

b) Identificación del punto

Se tomó este punto porque se tiene la reunión de los caudales (Cámara de reunión de caudales) de aguas residuales domésticas de distintos colectores del barrio de Santa Ana, tal cámara está ubicado en el lugar llamado Agua de Vichi. Tomamos las muestras para cada uno de los parámetros y de igual forma se tomó las muestras de agua residual para realizar la Prueba de jarras. Realizando el muestreo con el uso de los implementos adecuados.

Figura 7

Punto de muestreo



c) Materiales y equipos para la toma de muestra

Para el procedimiento de toma de muestras se hizo uso de los siguientes materiales y equipos:

EQUIPOS

- pHmetro digital
- Termómetro
- GPS
- Cámara fotográfica

MATERIALES

- Ficha de registro de campo
- Cadena de custodia
- Cinta Adhesiva
- Plumón indeleble

- Frascos de plástico esterilizados
- Etiquetas para el rotulado de muestras
- Cooler
- Agua destilada
- Jarra esterilizada
- Mascarillas
- Guantes
- Guardapolvo

d) Volumen de muestra de agua residual para cada parámetro

Se recolecto las muestras de agua residual para cada parámetro con un volumen mínimo de acuerdo al “Protocolo de monitoreo de la calidad de efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas o municipales” aprobado por Resolución Ministerial N° 273-2013- VIVIENDA.

Tabla 9

Volumen Mínimo de Muestras

Parámetros	Recipiente	Volumen mínimo de muestra
Físico - Químico		
Temperatura	P, V	1000 mL
PH		50 mL
DBO5	P, V	1000 mL
DQO	P, V	100 mL
Turbiedad	P, V	200 mL

Nota: P: Plástico, V: Vidrio

e) Registro de datos de campo y rotulado de muestras

Una vez tomada la muestra los frascos son etiquetados y rotulados conteniendo la siguiente información: Denominación del punto de muestreo, fecha y hora, ensayo físico químico que se va a realizar,

operador del muestreo. De igual forma se registró los datos de campo para ser enviados a laboratorio.

Figura 8

Registro de datos de campo



f) Medición de parámetros de campo

- Temperatura y pH

Este parámetro se mide in situ por lo cual no necesita de almacenamiento y preservación. Para medir la temperatura se tomó una muestra de 1000 mL en un frasco de plástico esterilizado. Realizando el siguiente procedimiento:

- ✓ Calibramos el equipo pHmetro con las soluciones buffer ácido, neutro y alcalino.
- ✓ Se coloca el electrodo en la muestra de agua residual.
- ✓ Se pasa a dar lectura.

- ✓ Una vez tomado el dato, se procede a lavar el electrodo con agua destilada.

Figura 9

Medición de parámetros de campo (pH y Temperatura)



g) Proceso de recolección de muestras para laboratorio

- Parámetro Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)

Para este parámetro se hizo la recolección de muestras en frascos de plástico con boca ancha y esterilizados, de volumen 1000 mL. Al tomar la muestra llenamos completamente el frasco y se procedió de inmediato a tapar. Según el protocolo, no necesita de preservantes.

Figura 10

Toma de muestra parámetro DBO5



- Parámetro Demanda química de oxígeno (DQO)

Se tomo las muestras en frascos de plástico de boca ancha y debidamente esterilizados, de volumen 100 mL. Al tomar la muestra se llenó por completo el frasco y se tapó de inmediato, de igual forma este parámetro no necesita de preservantes, ya que llevamos de inmediato al laboratorio.

Figura 11

Toma de muestra parámetro DQO



- **Parámetro Turbiedad**

Hemos considerado evaluar también este parámetro, aunque en el “Protocolo de monitoreo de la calidad de efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas o municipales” no está contemplado, a nuestro criterio es un parámetro de gran importancia sanitaria que se debe evaluar en las aguas residuales ya que si la turbiedad es alta también los sólidos suspendidos son altas, y eso implica las posibilidades de refugio de patógenos en los micro huecos de partículas en suspensión.

Se realizó la toma de muestra tomando como guía el “Protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales” emitida por DIGESA.

El recipiente usado para la toma de muestra es de plástico de volumen 200 mL, debidamente esterilizado y no necesita de preservantes.

Figura 12

Toma de muestra parámetro Turbiedad



h) Toma de muestra para ensayo de Prueba de jarras

Para realizar el ensayo de prueba de jarras se requiere de una cantidad considerable de muestra de agua residual debido a que el instrumento cuenta con 6 jarras y cada una de ellas de 2 L de volumen. Para ello se tomó la muestra en 2 recipientes de plástico cada una de ellas de 15 L de volumen que hacen un total de 30 L, cantidad que fue necesaria para realizar 3 ensayos de Prueba de jarras con 1 L de agua residual en cada una de las jarras. La muestra fue refrigerada en un cooler para el traslado a laboratorio.

Figura 13

Toma de muestra para ensayo Prueba de Jarras



i) Almacenamiento y transporte

Una vez culminada con la toma de muestras de agua residual, se procedió a colocar en un cooler para luego ser trasladado a laboratorio. Las muestras de los parámetros DBO5 y DQO fueron trasladados a un laboratorio acreditado y las muestras de los parámetros Turbiedad juntamente con la muestra para el ensayo de Prueba de jarras son trasladados al laboratorio de la empresa prestadora de servicios de agua “EMAPA”.

Figura 14

Almacenamiento de muestras para su transporte



Figura 15

Almacenamiento de muestra para Prueba de Jarras



3.5.3.2 Procedimiento de recolección de datos en laboratorio

Ensayo de Prueba de Jarras:

El ensayo de prueba de jarras lo hemos realizado en la empresa prestadora de servicios EMAPA, ya que es la única que cuenta con este equipo en la ciudad de Huancavelica.

El ensayo consiste en realizar 3 repeticiones con las mismas dosis, esto con el objetivo de obtener mayor número de datos. A continuación, se muestra el procedimiento de los ensayos de prueba de jarras a detalle.

a) Procedimiento N°1

El primer ensayo de prueba de jarras se realizó el 15 de octubre del año 2020 en el laboratorio de EMAPA- Huancavelica (Empresa municipal de agua potable y alcantarillado - Huancavelica).

En primer lugar, se calculó la solución madre al 2% de concentración. El procedimiento para su determinación es el siguiente:

$$\begin{aligned} 2g & \text{-----} 100ml \\ X & \text{-----} 100ml \\ X & = \frac{2g * 100ml}{100ml} \\ X & = 2g \end{aligned}$$

Se pesó 2g de sulfato de aluminio en la balanza analítica, sobre una luna de reloj de vidrio.

Figura 16

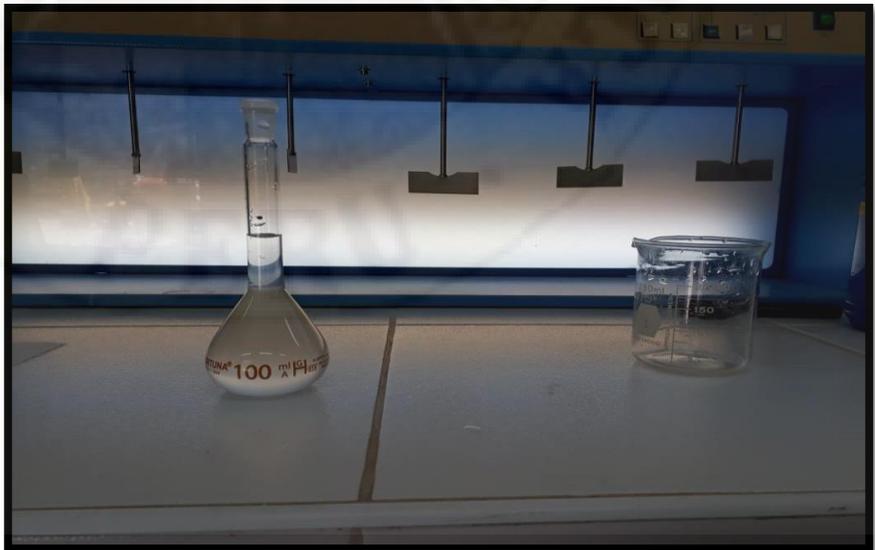
Peso de sulfato de aluminio 2g en balanza analítica



Teniendo la cantidad de solución calculada, pasamos a preparar el sulfato de aluminio para mezclar con agua destilada y aforarla en una fiola de 100ml, teniendo la concentración de 10000ppm.

Figura 17

Solución de sulfato de aluminio al 2%

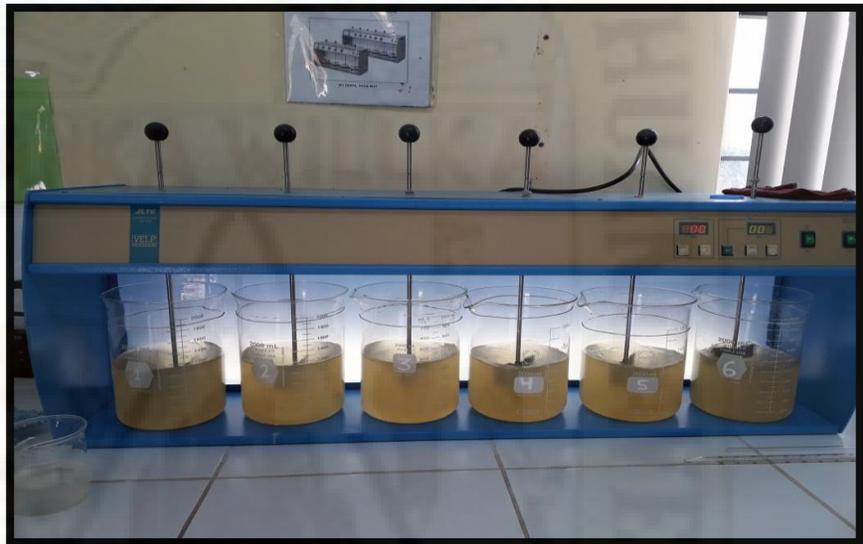


Agitar como 5 min, para poder diluir el sulfato de aluminio.

El equipo empleado para esta investigación es el Equipo de Prueba de Jarras que cuenta con seis paletas y con un control de velocidad de Marca Lovibond.

Figura 18

Equipo de Pruebas de Jarras



Pasamos a esterilizar los vasos precipitados de un 1L. Colocamos en cada vaso exactamente 1 litro de agua residual medido con una probeta graduada.

Figura 19

Probeta graduada con 1 litro de muestra



Calculamos la cantidad de dosis de coagulante que se debe añadir a cada vaso, a una concentración de coagulante: de 20ppm, 40ppm, 60ppm, 80ppm, 100ppm y 120ppm, dichas concentraciones tomamos de referencia los antecedentes en este tema.

Hallando el volumen de solución de dosis a una concentración de coagulante de 20ppm, solución madre al 2% para un volumen de jarra de 1L.

$$C_i * V_i = C_f * V_f$$

$$2\% * V_i = 20ppm * 1L$$

$$20000ppm * V_i = 20ppm * 1000ml$$

$$V_i = \frac{20ppm * 1000ml}{20000ppm}$$

$$V_i = 1ml$$

Hallando el volumen de solución de dosis a una concentración de coagulante de 40ppm, solución madre al 2% para un volumen de jarra de 1L.

$$C_i * V_i = C_f * V_f$$

$$2\% * V_i = 40ppm * 1L$$

$$20000ppm * V_i = 40ppm * 1000ml$$

$$V_i = \frac{40ppm * 1000ml}{20000ppm}$$

$$V_i = 2ml$$

Hallando el volumen de solución de dosis a una concentración de coagulante de 60ppm, solución madre de 2% para un volumen de jarra de 1L.

$$C_i * V_i = C_f * V_f$$

$$2\% * V_i = 60ppm * 1L$$

$$20000ppm * V_i = 60ppm * 1000ml$$

$$V_i = \frac{60ppm * 1000ml}{20000ppm}$$

$$V_i = 3ml$$

Hallando el volumen de solución de dosis a una concentración de coagulante de 80ppm, solución madre de 2% para un volumen de jarra de 1L.

$$C_i * V_i = C_f * V_f$$

$$2\% * V_i = 80ppm * 1L$$

$$20000ppm * V_i = 80ppm * 1000ml$$

$$V_i = \frac{80ppm * 1000ml}{20000ppm}$$

$$V_i = 4ml$$

Hallando el volumen de solución de dosis a una concentración de coagulante de 100ppm, solución madre de 2% para un volumen de jarra de 1L.

$$C_i * V_i = C_f * V_f$$

$$2% * V_i = 100ppm * 1L$$

$$20000ppm * V_i = 100ppm * 1000ml$$

$$V_i = \frac{100ppm * 1000ml}{20000ppm}$$

$$V_i = 5ml$$

Hallando el volumen de solución de dosis a una concentración de coagulante de 120ppm, solución madre de 2% para un volumen de jarra de 1L.

$$C_i * V_i = C_f * V_f$$

$$2% * V_i = 120ppm * 1L$$

$$20000ppm * V_i = 120ppm * 1000ml$$

$$V_i = \frac{120ppm * 1000ml}{20000ppm}$$

$$V_i = 6ml$$

Con las jeringas de 10 ml, añadimos dosis de coagulante en cantidades de crecientes en vasos sucesivos, al vaso 1 se añadirá 1ml, al vaso 2 se añadirá 2, al vaso 3 se añadirá 3ml, al vaso 4 se añadirá 4ml, al vaso 5 se añadirá 5ml y al vaso 6 se añadirá 6ml.

Colocamos las paletas de agitación dentro de los vasos, al centro interno del contenido del vaso.

Figura 20

Colocación de paletas de agitación en cada jarra



Encendemos el equipo con el botón de encendido. Establecer el tiempo de 1 minuto para la mezcla rápida a una velocidad de 200 rpm.

Cumplido el tiempo, se programó un tiempo de 10 min y a una velocidad de 20rpm para la mezcla lenta.

Una vez concluida los procesos de coagulación, retiramos el vaso del equipo para el proceso de sedimentación, durante 30 min y posteriormente colocar los flotadores.

Figura 21

Colocado de flotadores en cada jarra



Una vez sedimentada, se extrae una cierta cantidad de la muestra de agua residual en 6 vasos precipitados, una para cada jarra, esto con el objeto de obtener una muestra de cada dosis que se ha empleado en cada una de las jarras, y realizar los análisis en los parámetros Turbiedad, pH, DBO5 y DQO. Los parámetros Turbiedad y PH las hemos medido al instante ya que la EPS-EMAPA cuenta con el equipo, y los parámetros DBO5 y DBO las enviamos el mismo día a laboratorio de la Universidad Nacional de Huancavelica para su respectivo análisis.

Figura 22

Toma de muestras de cada dosis de coagulante empleado en las 6 jarras



Una vez obtenida las muestras se llevó a cabo el análisis de pH y temperatura.

Figura 23

Multiparámetro HQ40d



Introducimos el electrodo en la solución de la muestra en el vaso precipitado. Se presiona la opción medición, para dar lectura. Después de lectura se lava el electrodo con suficiente agua destilada para hacer otra medición.

Posteriormente se llevó a cabo el análisis de la turbiedad final de la disolución, se analiza la turbiedad con el equipo de turbidímetro portátil 2100Q.

Figura 24

Turbidímetro portátil 2100Q



Enjuagamos la cubeta con la solución al menos una vez y desechamos el líquido de enjuague. Se llena en la cubeta la muestra hasta la línea llenado (15ml y tapar la cubeta).

Limpiar las cubetas de celda con un paño suave para eliminar las manchas de agua y las huellas de dedos. Se pulsa el botón encendido para encender el medidor. Se introduce la cubeta en el compartimiento y cerramos la tapa.

Presionar el botón de medición para dar le lectura de turbiedad.

Para el análisis de DBO5 Y DQO se tomó las muestras en un frasco de plástico, cerrando adecuadamente los frascos tratando de no atrapar ninguna burbuja y cada envase con el respectivo rotulado.

Almacenamos en un cooler de tecnopor y se envió al laboratorio de la Universidad Nacional de Huancavelica para su respectivo análisis.

b) Procedimiento N°2

El procedimiento para su determinación es el siguiente:

El segundo ensayo de prueba de jarras se realizó el 30 de octubre del año 2020 en el laboratorio de EMAPA- Huancavelica (Empresa municipal de agua potable y alcantarillado - Huancavelica).

En primer lugar, se calculó la solución madre al 2% de concentración.

El procedimiento para su determinación es el siguiente:

$$2g \text{ ----- } 100ml$$

$$X \text{ ----- } 100ml$$

$$X = \frac{2g * 100ml}{100ml}$$

$$X = 2g$$

Se pesó 2g de sulfato de aluminio en la balanza analítica, sobre una luna de reloj de vidrio. Teniendo la cantidad de solución calculada, pasamos a preparar el sulfato de aluminio para mezclar con agua destilada y aforarla en una fiola de 100ml, teniendo la concentración de 10000ppm.

Agitar como 5 min, para poder diluir el sulfato de aluminio.

El equipo empleado para esta investigación es el Equipo de Prueba de Jarras que cuenta con seis paletas y con un control de velocidad de Marca Lovibond.

Figura 25

Vasos precipitados con su respectiva muestra de agua residual



Colocamos un vaso de 1 litro debajo de cada una de las paletas de agitación. llenamos en cada vaso exactamente 1 litro de agua residual medido con una probeta graduada.

Figura 26

Probeta graduada para medir 1L de muestra



Calculamos la cantidad de dosis de coagulante que se debe añadir a cada vaso, a una concentración de coagulante: de 20ppm, 40ppm, 60ppm, 80ppm, 100ppm y 120ppm.

Hallando el volumen de solución de dosis a una concentración de coagulante de 20ppm, solución madre al 2% para un volumen de jarra de 1L.

$$C_i * V_i = C_f * V_f$$

$$2\% * V_i = 20ppm * 1L$$

$$20000ppm * V_i = 20ppm * 1000ml$$

$$V_i = \frac{20ppm * 1000ml}{20000ppm}$$

$$V_i = 1ml$$

Hallando el volumen de solución de dosis a una concentración de coagulante de 40ppm, solución madre al 2% para un volumen de jarra de 1L.

$$C_i * V_i = C_f * V_f$$

$$2\% * V_i = 40ppm * 1L$$

$$20000ppm * V_i = 20ppm * 1000ml$$

$$V_i = \frac{40ppm * 1000ml}{20000ppm}$$

$$V_i = 2ml$$

Hallando el volumen de solución de dosis a una concentración de coagulante de 60ppm, solución madre al 2% para un volumen de jarra de 1L.

$$C_i * V_i = C_f * V_f$$

$$2\% * V_i = 60ppm * 1L$$

$$20000ppm * V_i = 60ppm * 1000ml$$

$$V_i = \frac{60ppm * 1000ml}{20000ppm}$$

$$V_i = 3ml$$

Hallando el volumen de solución de dosis a una concentración de coagulante de 80ppm, solución madre al 2% para un volumen de jarra de 1L.

$$C_i * V_i = C_f * V_f$$

$$2\% * V_i = 80ppm * 1L$$

$$20000ppm * V_i = 80ppm * 1000ml$$

$$Vi = \frac{80ppm * 1000ml}{20000ppm}$$

$$Vi = 4ml$$

Hallando el volumen de solución de dosis a una concentración de coagulante de 100ppm, solución madre al 2% para un volumen de jarra de 1L.

$$Ci * Vi = Cf * Vf$$

$$2% * Vi = 100ppm * 1L$$

$$20000ppm * Vi = 100ppm * 1000ml$$

$$Vi = \frac{100ppm * 1000ml}{20000ppm}$$

$$Vi = 5ml$$

Hallando el volumen de solución de dosis a una concentración de coagulante de 120ppm, solución madre al 2% para un volumen de jarra de 1L.

$$Ci * Vi = Cf * Vf$$

$$2% * Vi = 120ppm * 1L$$

$$20000ppm * Vi = 120ppm * 1000ml$$

$$Vi = \frac{120ppm * 1000ml}{20000ppm}$$

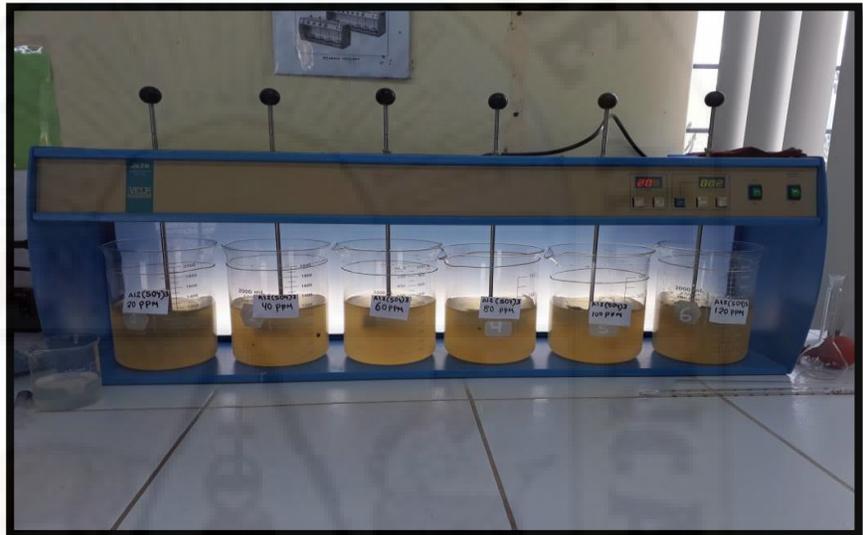
$$Vi = 6ml$$

Con las jeringas de 10ml añadimos la dosis de coagulante, al vaso 1 se añadirá 1ml, al vaso2 se añadirá 2, al vaso 3 se añadirá 3ml, al vaso 4 se añadirá 4ml, al vaso 5 se añadirá 5ml y al vaso 6 se añadirá 6ml.

Colocar las paletas de agitación dentro de los vasos, al centro interno del contenido del vaso.

Figura 27

Proceso de Coagulación - mezcla rápida



Encendemos el equipo con el botón de encendido. Establecer el tiempo de 1 minuto para la mezcla rápida a una velocidad de 150 rpm. Cumplido el tiempo, se programó un tiempo de 15 min y a una velocidad de 20rpm para la mezcla lenta.

Una vez concluida los procesos de coagulación, retirar el vaso del equipo para el proceso de sedimentación, durante 25 min y colocar los flotadores.

Una vez sedimentada la muestra, se extrae el agua a cada vaso precipitado.

Se llevó a analizar el pH final de la disolución y la temperatura, en un vaso precipitado se analiza el pH con el equipo de multiparámetro portátil HQ40d. Introducimos el electrodo en la solución de la muestra en el vaso precipitado. Se presiona la opción medición, para dar lectura. Después de lectura se lava el electrodo con suficiente agua destilada para hacer otra medición.

Posteriormente se procede analizar la turbiedad final de la disolución, se analiza la turbiedad con el equipo de turbidímetro portátil 2100Q.

Figura 28

Análisis de parámetro turbiedad en el segundo ensayo



Enjuagar la cubeta con la solución al menos una vez y desechar el líquido de enjuague.

Llenamos en la cubeta la muestra hasta la línea llenado (15ml y tapar la cubeta. Limpiar las cubetas de celda con un paño suave para eliminar las manchas de agua y las huellas de dedos. Pulsar el botón encendido para encender el medidor. Introducir la cubeta en el compartimiento y cerrar la tapa. Presionar el botón de medición para dar le lectura de turbiedad.

En el segundo ensayo de prueba de jarras de igual manera que en el primero se tomó las muestras en frascos de plástico para el análisis de los parámetros DBO5 Y DQO en el laboratorio de la Universidad Nacional de Huancavelica.

c) Procedimiento N°3

El tercer ensayo de prueba de jarras se realizó el 15 de noviembre del año 2020 en el laboratorio de EMAPA- Huancavelica (Empresa municipal de agua potable y alcantarillado - Huancavelica).

En primer lugar, se calculó la solución madre al 2% de concentración.

El procedimiento para su determinación es el siguiente:

$$2g \text{ _____ } 100ml$$

$$X \text{ _____ } 100ml$$

$$X = \frac{2g * 100ml}{100ml}$$

$$X = 2g$$

Se pesó 2g de sulfato de aluminio en la balanza analítica, sobre una luna de reloj de vidrio.

Teniendo la cantidad de solución calculada, pasamos a preparar el sulfato de aluminio para mezclar con agua destilada y aforarla en una fiola de 100ml, teniendo la concentración de 10000ppm.

El equipo empleado para esta investigación es el Equipo de Prueba de Jarras que cuenta con seis paletas y con un control de velocidad de Marca Lovibond.

Colocamos un vaso de 1 litro debajo de cada una de las paletas de agitación.

Calculamos la cantidad de dosis de coagulante que se debe añadir a cada vaso, a una concentración de coagulante: de 20ppm, 40ppm, 60ppm, 80ppm, 100ppm y 120ppm.

Hallando el volumen de solución de dosis a una concentración de coagulante de 20ppm, solución madre al 2% para un volumen de jarra de 1L.

$$C_i * V_i = C_f * V_f$$

$$2\% * V_i = 20ppm * 1L$$

$$20000ppm * V_i = 20ppm * 1000ml$$

$$V_i = \frac{20ppm * 1000ml}{20000ppm}$$

$$V_i = 1ml$$

Hallando el volumen de solución de dosis a una concentración de coagulante de 40ppm, solución madre al 2% para un volumen de jarra de 1L.

$$C_i * V_i = C_f * V_f$$

$$2\% * V_i = 40ppm * 1L$$

$$20000ppm * V_i = 40ppm * 1000ml$$

$$V_i = \frac{40ppm * 1000ml}{20000ppm}$$

$$V_i = 2ml$$

Hallando el volumen de solución de dosis a una concentración de coagulante de 60ppm, solución madre al 2% para un volumen de jarra de 1L.

$$C_i * V_i = C_f * V_f$$

$$2\% * V_i = 60ppm * 1L$$

$$20000ppm * V_i = 60ppm * 1000ml$$

$$V_i = \frac{60ppm * 1000ml}{20000ppm}$$

$$V_i = 3ml$$

Hallando el volumen de solución de dosis a una concentración de coagulante de 80ppm concentración de 2% y aun volumen de jarra de 1L.

$$C_i * V_i = C_f * V_f$$

$$2\% * V_i = 80ppm * 1L$$

$$20000ppm * V_i = 80ppm * 1000ml$$

$$V_i = \frac{80ppm * 1000ml}{20000ppm}$$

$$V_i = 4ml$$

Hallando el volumen de solución de dosis a una concentración de coagulante de 100ppm, solución madre al 2% para un volumen de jarra de 1L.

$$C_i * V_i = C_f * V_f$$

$$2\% * V_i = 100ppm * 1L$$

$$20000ppm * Vi = 100ppm * 1000ml$$

$$Vi = \frac{100ppm * 1000ml}{20000ppm}$$

$$Vi = 5ml$$

Hallando el volumen de solución de dosis a una concentración de coagulante de 120ppm, solución madre al 2% para un volumen de jarra de 1L.

$$Ci * Vi = Cf * Vf$$

$$2% * Vi = 120ppm * 1L$$

$$20000ppm * Vi = 120ppm * 1000ml$$

$$Vi = \frac{120ppm * 1000ml}{20000ppm}$$

$$Vi = 6ml$$

Con las jeringas de 10 ml, añadir la dosis de coagulante. Al vaso 1 se añadirá 1ml, al vaso 2 se añadirá 2, al vaso 3 se añadirá 3ml, al vaso 4 se añadirá 4ml, al vaso 5 se añadirá 5ml y al vaso 6 se añadirá 6ml.

Colocar las paletas de agitación dentro de los vasos, al centro interno del contenido del vaso.

Figura 29

Proceso de coagulación en el tercer ensayo de prueba de jarras



Encender el equipo con el botón de encendido. Establecer el tiempo de 1 minuto para la mezcla rápida a una velocidad de 100 rpm. Cumplido el tiempo, se programó un tiempo de 20 min y a una velocidad de 30rpm para la mezcla lenta.

Una vez concluida los procesos de coagulación, retirar el vaso del equipo para el proceso de sedimentación, durante 30 min y poner el flotador. Una vez sedimentada la muestra, se extrae el agua residual a cada vaso precipitado.

Posteriormente se procede a medir los parámetros pH y temperatura con el equipo de multiparámetro portátil HQ40d.

Figura 30

Medición de pH con multiparámetro HQ40d



Introducimos el electrodo en la solución de la muestra en el vaso precipitado. Se presiona la opción medición, para dar lectura. Después de lectura se lava el electrodo con suficiente agua destilada para hacer otra medición.

se llevó a analizar la turbiedad final de la disolución, se analiza la turbiedad con el equipo de turbidímetro portátil 2100Q.

Figura 31

Análisis de parámetro turbiedad



Enjuagamos la cubeta con la solución al menos una vez y desechar el líquido de enjuague. Llenar en la cubeta la muestra hasta la línea llenado (15ml y tapan la cubeta). Limpiar las cubetas de celda con un paño suave para eliminar las manchas de agua y las huellas de dedos. Luego Pulsar el botón encendido para encender el medidor. Introducimos la cubeta en el compartimiento y cerrar la tapa. Presionar el botón de medición para dar le lectura de turbiedad.

Para el análisis de DBO5 Y DQO se tomó frascos de plástico cerrando adecuadamente los frascos tratando de no atrapar ninguna burbuja. Finalmente se almacenó en un cooler de tecnopor y se envió a un laboratorio acreditado, para su respectivo análisis.

3.6 Técnicas y procesamiento de análisis de datos

Según, Parra (2006, pág. 6) La eficiencia de remoción de carga contaminante en un sistema de tratamiento de aguas residuales vienen dada por:

$$E = (S_0 - S) / S_0 \times 100$$

Donde:

E: eficiencia de remoción del sistema, o de una de sus componentes (%)

S: carga contaminante de salida (mg DQO, DBO5 o SST/l)

S0: carga contaminante de entrada (mg DQO, DBO5 o SST/l)

Existen varios factores que alteran la eficiencia de remoción de carga contaminante en los diferentes tipos de tratamiento.

CAPÍTULO IV

PRESENTACION DE RESULTADOS

4.1 Análisis de información

Presentamos los resultados de acuerdo a nuestros objetivos en términos de eficiencia de remoción de los parámetros químicos: DBO5 y DQO y pH, parámetros físicos: Turbiedad y temperatura. Para el último objetivo propuesto se halló la dosis óptima del coagulante sulfato de aluminio donde se obtiene mayor porcentaje de eficiencia de carga contaminante respecto a los parámetros dados. En cumplimiento a nuestros objetivos se va a determinar el porcentaje de eficiencia del coagulante sulfato de aluminio. El proceso para obtener los datos consta de 3 monitoreos cada 15 días en el lugar Agua de Vichi, donde se ubica una cámara de reunión de caudales de agua residual proveniente del barrio de Santa Ana, realizamos 3 muestreos en el mismo punto con el objeto de obtener mayores datos.

4.1.1 Remoción de carga orgánica de aguas residuales domésticas por el método de coagulación con sulfato de aluminio en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana - Huancavelica.

Tabla 10

Remoción de carga orgánica con sulfato de aluminio.

Parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)					
Nº de Ensayos	Jarra Nº	Dosis (mg/l)	DBO ₅ inicial (mg/L)	DBO ₅ final (mg/L)	Porcentaje remoción (Tuckey)
Ensayo 1 15/10/2020	1	20	254.33	132.33	47.97 ^f
	2	40	254.33	117.67	53.73 ^e
Ensayo 2 30/10/2020	3	60	254.33	107.33	57.80 ^d
	4	80	254.33	96.33	62.12 ^c
Ensayo 3 15/11/2020	5	100	254.33	82.00	67.76 ^b
	6	120	254.33	66.67	73.79 ^a
X _T				100.39	60.53

En la tabla 10 se observa la eficiencia de remoción del parámetro físico Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), ya que la carga orgánica es representada por este parámetro, y nuestro objetivo principal es reducir la carga orgánica, por estar presente en mayor cantidad en las aguas residuales domésticas. Los 3 ensayos realizados en laboratorio, se observa también la comparación de los datos iniciales con los datos después del ensayo con sulfato de aluminio. Teniendo como resultado de la coagulación con sulfato de aluminio una eficiencia de remoción de 73.79 % en parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) de las aguas residuales del lugar denominado Agua de Vichi - Santa Ana - Huancavelica.

**4.1.2 El coagulante de sulfato de aluminio en la remoción del parámetro físico
Temperatura de las aguas residuales domésticas en el lugar Agua de Vichi-
Santa Ana - Huancavelica.**

Tabla 11

Comportamiento de Parámetro Temperatura

Parámetro Temperatura				
N° de Ensayo	Jarra N°	Dosis (mg/l)	Temperatura inicial (C°)	Temperatura final (C°) (Tuckey)
Ensayo 1 15/10/2020	1	20	15	13.77 ^a
	2	40	15	13.77 ^a
Ensayo 2 30/10/2020	3	60	15	13.90 ^a
	4	80	15	13.57 ^a
Ensayo 3 15/11/2020	5	100	15	13.47 ^a
	6	120	15	13.97 ^a
X _T				13.74

En la tabla 11 se observa el comportamiento de la temperatura, este parámetro no cambia de manera significativa, quiere decir que el coagulante no influye en la temperatura del agua.

La temperatura afecta y altera la vida acuática, modifica la concentración de saturación de oxígeno disuelto y la velocidad de las reacciones químicas y de la actividad bacteriana. La tasa de sedimentación de sólidos en aguas cálidas es mayor que en aguas frías, por el cambio en la viscosidad del agua. Como el calor específico del agua es mayor que el del aire, la temperatura del agua residual es mayor que la temperatura ambiente en periodos fríos y menor que la temperatura ambiental en periodos cálidos (Romero Rojas, 2016)

La temperatura promedio que tenemos durante el ensayo es de 13.74 C°, cuya lectura está en el rango de una temperatura adecuada, ya que la teoría menciona que, al aproximarse el agua a la temperatura de congelación, se produce un efecto de ordenamiento de su estructura o de incremento de sus límites de hidrógeno, previo a su solidificación o formación de hielo. Este fenómeno puede impedir el acercamiento de las partículas para su desestabilización, al anularse el movimiento browniano.

Adicionalmente, nos dice que la viscosidad del agua se incrementa al disminuir la temperatura. Por lo tanto, el porcentaje de remoción a bajas temperaturas tendría que disminuir ya que no es capaz de conseguir la aglomeración de las partículas pequeñas.

4.1.3. El coagulante de sulfato de aluminio en la remoción del parámetro físico Turbiedad de las aguas residuales domésticas en el lugar Agua de Vichi-Santa Ana - Huancavelica.

Tabla 12

Remoción de Parámetro Turbiedad

Parámetro Turbiedad					
N° de Ensayos	Jarra N°	Dosis Sulfato de Aluminio (mg/l)	Turbiedad inicial (NTU)	Turbiedad final (NTU)	Porcentaje de Remoción (Tuckey)
Ensayo 1 15/10/2020	1	20	227	129.00 ^c	43.17
	2	40	227	116.67 ^{bc}	48.60
Ensayo 2 30/10/2020	3	60	227	110.00 ^b	51.54
	4	80	227	73.20 ^a	67.75
Ensayo 3 15/11/2020	5	100	227	67.79 ^a	70.14
	6	120	227	65.46 ^a	71.16
X _T				93.69	58.73

(Romero Rojas, 2016), señala que la Turbiedad constituye una medida óptica del material suspendido en el agua. Las aguas residuales crudas son, en general, turbias; en aguas residuales tratadas puede ser un factor importante de control de calidad. Las sustancias responsables de la turbiedad del agua son las partículas en suspensión, tales como arcilla, minerales, sedimentos, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, plancton, bacterias y otros microorganismos.

Según a lo mencionado, la turbiedad también es un parámetro importante en el control de calidad de aguas residuales. Antes de realizar los ensayos de coagulación con sulfato de aluminio se obtuvo una lectura de turbiedad 227 NTU, y una vez realizada el ensayo se obtuvo un valor de 65.46 NTU. Teniendo como porcentaje de remoción de 71.16 %.

4.1.4. El coagulante de sulfato de aluminio en la remoción del parámetro químico Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) de las aguas residuales domésticas en el lugar Agua de Vichi – Santa Ana - Huancavelica.

Tabla 13

Remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)					
Nº de Ensayo	Jarra Nº	Dosis (mg/l)	DBO ₅ inicial (mg/L)	DBO ₅ final (mg/L)	Porcentaje remoción (Tuckey)
Ensayo 1 15/10/2020	1	20	254.33	132.33	47.97 ^f
	2	40	254.33	117.67	53.73 ^e
Ensayo 2 30/10/2020	3	60	254.33	107.33	57.80 ^d
	4	80	254.33	96.33	62.12 ^c
Ensayo 3 15/11/2020	5	100	254.33	82.00	67.76 ^b
	6	120	254.33	66.67	73.79 ^a
X _T				100.39	60.53

En la tabla 13 se observa la eficiencia de la remoción del parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) de los 3 ensayos realizados en laboratorio entre los meses de octubre y noviembre, teniendo un resultado de la coagulación de aguas residuales domesticas con sulfato de aluminio, un promedio de 73.79 % de remoción del parámetro DBO₅.

(Romero Rojas, 2016), Menciona que la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) es el parámetro más usado para medir la calidad de aguas residuales y superficiales, para determinar la cantidad de oxígeno requerido para estabilizar biológicamente la materia orgánica del agua, para diseñar unidades de tratamiento biológico, para evaluar la eficiencia de los procesos de tratamiento y para fijar las cargas orgánicas permisibles en fuentes receptoras.

En ese sentido obtuvimos un porcentaje de remoción en DBO₅ de 73.79 %, en los 3 ensayos realizados en laboratorio haciendo uso del coagulante sulfato de aluminio.

4.1.3 El coagulante de sulfato de aluminio en la remoción del parámetro químico Demanda Química de Oxígeno (DQO) de las aguas residuales domésticas en el lugar Agua de Vichi – Santa Ana - Huancavelica.

Tabla 14

Remoción de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Parámetro Demanda Química de Oxígeno (DQO)					
N° de Ensayos	Jarra N°	Dosis (mg/l)	DQO inicial (mg/L)	DQO final (mg/L)	Porcentaje Remoción (Tuckey)
Ensayo 1 15/10/2020	1	20	356.67	184.00	48.41 ^f
	2	40	356.67	173.67	51.30 ^e
Ensayo 2 30/10/2020	3	60	356.67	160.33	55.05 ^d
	4	80	356.67	148.00	58.51 ^c
Ensayo 3 15/11/2020	5	100	356.67	133.00	62.71 ^b
	6	120	356.67	120.33	66.26 ^a
X _T				153.22	57.04

En la tabla 14 se observa la eficiencia de remoción del parámetro químico demanda química de oxígeno (DQO) de los 3 ensayos realizados en laboratorio, durante los meses de octubre y noviembre del 2020. Obteniendo un resultado de coagulación de aguas residuales domésticas con sulfato de aluminio, un promedio de 66.26 % de remoción en el parámetro DQO.

(Romero Rojas, 2016), señala que la demanda química de oxígeno (DQO) se usa para medir el oxígeno equivalente a la materia orgánica oxidable químicamente mediante un agente químico oxidante fuerte, por lo general dicromato de potasio, en un medio ácido y a alta temperatura. La DQO es útil como parámetro de concentración orgánica en aguas residuales o municipales tóxicas a la vida biológica y se puede realizar en solo unas tres horas.

Ortiz y Vargas (2015), hicieron uso de un coagulante natural, el extracto del mucilago de Llantén. Donde menciona que el extracto del mucilago de Llantén remueve material orgánico en el agua sintética como medio de prueba, se logró una disminución del 48% en la demanda química de oxígeno (DQO), con un valor inicial de 208 mg/l y final de 108 mg/l, esto sugiere su posible aplicación para el tratamiento de aguas residuales de pequeñas empresas o industrias del sector alimentos.

La interpretación correcta de los resultados de demanda de oxígeno, para la oxidación de la materia orgánica, mediante DBO o DQO, es problemática por los diferentes factores y variables que afectan dichos ensayos. En general, se espera que la DQO sea aproximadamente igual a la DBO última; pero, especialmente en aguas residuales industriales, existen factores que hacen que dicha afirmación no se cumpla, tales factores son: Muchos compuestos orgánicos oxidables por dicromato no son oxidables biológicamente, la DBO está sujeta a error cuando se usan siembras bacteriales no aclimatadas adecuadamente al residuo.

Entonces alguno de estos factores influye en los resultados de los ensayos realizados en laboratorio haciendo uso de coagulante sulfato de aluminio, ya que obtuvimos una remoción en el parámetro DQO un promedio de 66.26 %.

4.1.4 EL coagulante de sulfato de aluminio en la remoción del parámetro químico Potencial de Hidrogeno (pH) de las aguas residuales domésticas en el lugar Agua de Vichi – Santa Ana - Huancavelica.

Tabla 15

Comportamiento de Parámetro Potencial de Hidrogeno

Parámetro Potencial de Hidrógeno (pH)				
N° de Ensayos	Jarra N°	Dosis (mg/l)	pH inicial (U)	pH final (U) (Tuckey)
Ensayo 1 15/10/2020	1	20	7.78	7.64 ^a
	2	40	7.78	7.55 ^a
Ensayo 2 30/10/2020	3	60	7.78	7.47 ^a
	4	80	7.78	7.62 ^a
Ensayo 3 15/11/2020	5	100	7.78	7.75 ^a
	6	120	7.78	7.72 ^a
X _T				7.62

(Romero Rojas, 2016), menciona que cada coagulante químico tiene un rango de pH óptimo en el que se solubiliza, en el caso del sulfato de aluminio comercial tipo B, este valor varía entre 5.5 y 8.0. Si el pH no se encuentra dentro de este rango, se corrige adicionando un álcali como cal o soda caustica, o agregando un ácido clorhídrico o sulfúrico.

En nuestros 3 ensayos realizados en laboratorio no ha sido necesario corregir el pH, ya que obtuvimos un valor promedio de 7.62, teniendo un punto de pH casi neutro.

4.1.5 Dosis óptima del coagulante sulfato de aluminio en la remoción de carga orgánica de aguas residuales domesticas en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana - Huancavelica.

Tabla 16

Dosis Óptima de coagulante

Parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)					
Nº de Ensayos	Jarra Nº	Dosis (mg/l)	DBO ₅ inicial (mg/L)	DBO ₅ final (mg/L)	Porcentaje remoción (Tuckey)
Ensayo 1 15/10/2020	1	20	254.33	132.33	47.97 ^f
	2	40	254.33	117.67	53.73 ^e
Ensayo 2 30/10/2020	3	60	254.33	107.33	57.80 ^d
	4	80	254.33	96.33	62.12 ^c
Ensayo 3 15/11/2020	5	100	254.33	82.00	67.76 ^b
	6	120	254.33	66.67	73.79 ^a
Xr				100.39	60.53

Para responder a nuestro último objetivo, se observa en las tablas 10, 11, 12, 13, 14, 15 y 16 el porcentaje de remoción obtenidas en los ensayos de prueba de jarras aplicando las respectivas dosis de coagulante de sulfato de aluminio 20 mg/l, 40 mg/l, 60 mg/l, 80 mg/l, 100 mg/l y 120 mg/l, de las cuales se realiza una comparación de los porcentajes de remoción para identificar el que obtuvo mayor eficacia con respecto a los parámetros: Turbiedad, temperatura, pH, demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y demanda química de oxígeno (DQO), se escogió como dosis óptima, aquella concentración de coagulante que dio como resultado el nivel de DBO₅ más bajo con respecto al dato inicial, el cual nos dio resultados con mayor porcentaje de eficiencia en remoción de carga contaminante, la aplicación de las dosis 100 mg/l y 120 mg/l, y por lo tanto es una dosis óptima.

Finalmente, al realizar el análisis de los resultados se halló la dosis óptima donde se obtiene el mayor porcentaje de remoción de carga contaminante, también podemos concluir que a esas dosis alcanzamos una eficiencia de remoción de carga contaminante, mayor de 60% en parámetros de Turbiedad, DBO5 y DQO.

4.2. Principios de la investigación y prueba de Hipótesis

Para procesar los datos obtenidos de las muestras de agua residual se utilizó la prueba de normalidad, ya que ésta se aplica para un número de muestras menores a 30 ($n < 30$), con un nivel de significancia de 5% y nivel de confiabilidad de 95%. Para el periodo de contrastación de hipótesis, se utilizó el procedimiento de la prueba de hipótesis, con niveles de confianza del 95% comprobando por medio del proceso de intervalos de confianza, como se presenta en la figura a continuación:

Tabla 17

Comprobación por Medio de Procesos de Intervalos de Confianza

Paso 1	Paso2	Paso3	Paso4	Paso5	No se rechaza
Se plantean las hipótesis nulas	se elige el grado de confianza	se visualiza el estadístico de prueba	se formula el reglamento de toma de decisiones	se toma una muestra y se determina	Ho ó se rechaza Ho y se acepta H1

A) Principios de la investigación

Para el contraste de hipótesis se realizó las pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas, siendo los supuestos que deberían cumplir los datos para realizar el correcto análisis de varianza.

a) **Test de normalidad**

Tabla 18

Test de Normalidad para los Parámetros de Coagulación con Sulfato de Aluminio

Test de Shapiro-wilk	N	P – valor		
		Estadístico	P – valor	Nivel Sig.
Temperatura (°C)	18	0.9058	0.7428	0.05
pH	18	0.8449	0.1417	0.05
<i>Turbiedad</i>	18	0.8443	0.6899	0.05
<i>Demanda bioquímica de Oxígeno</i>	18	0.9098	0.7745	0.05
<i>Demanda química de Oxígeno</i>	18	0.9791	0.3533	0.05

La prueba de normalidad se realizó con el estadístico SAS mediante el contraste de Shapiro-wilk que es adecuado cuando las muestras son pequeñas ($n < 50$). Se observa que todo los p-valores (Sig.) son mayores que el nivel de significación 0.05, por tanto, se concluye que las muestras de temperatura, pH, Turbiedad, Demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno, se comporta de manera normal, por tanto, se cumple con el supuesto de normalidad.

b) Test de homogeneidad

Tabla 19

Test de Levene para Homogeneidad de Varianzas de Parámetros Físicos Químicos de las Aguas Residuales de lugar Agua de Vichi

Test de Levene	P-valor
Temperatura (°C)	0.9716
pH	0.9312
Turbiedad	0.9175
Demanda bioquímica de Oxígeno	0.9344
Demanda química de Oxígeno	0.9355

La prueba de homogeneidad de varianza se realizó mediante el test de Levene, para temperatura, pH, Turbiedad, demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno el p-valor es 0,7462; 0,6718; 0,8801; 0,1515; 0,4934 y 0,9258 por lo tanto no se puede rechazar la hipótesis de homogeneidad de las varianzas y se concluye que las dosis de tratamiento de (20, 40, 60, 80, 100 y 120 mg/l) tienen varianzas homogéneas en cada parámetro.

B) Prueba de hipótesis

Como señala Hernández *et al.* (2014), la contratación de hipótesis se resume a 6 pasos, y estando en este último paso, se tiene ya la posibilidad de tomar la decisión de aceptar o rechazar la hipótesis nula; atendiendo a este planteamiento, que a criterio propio es el más coherente; sin dejar de lado otros planteamientos, se ha optado por seguir estos pasos para el contraste de la hipótesis:

1. Formular la hipótesis nula y alterna de acuerdo al problema.
2. Escoger un nivel de significancia o riesgo " α ".
3. Escoger el estadígrafo de prueba más apropiado.

4. Establecer la región crítica.
5. Calcular los valores de la prueba estadística de una muestra aleatoria de tamaño “n”.
6. Decisión estadística: rechazar la hipótesis nula (H_0) si el estadígrafo tiene un valor en la región crítica y no rechazar (aceptar) igual en el otro caso.

1. Formulación de la hipótesis nula y alterna

c) Formulación de la hipótesis nula y alterna para el objetivo general

- Formulación para eficiencia de remoción

Ha: La remoción de la carga orgánica de aguas residuales domésticas existe diferencia por el método de coagulación con sulfato de aluminio en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana – Huancavelica.

$$\mu \neq \text{Remocion}$$

Ho: La remoción de la carga orgánica de aguas residuales domésticas no existe diferencia por el método de coagulación con sulfato de aluminio en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana – Huancavelica.

$$\mu = \text{Remocion}$$

d) Formulación de la hipótesis nula y alterna para los objetivos específicos

- Formulación de la hipótesis para temperatura

Ha: La coagulación de sulfato de aluminio en el parámetro físico, temperatura (C°) existe diferencia de la remoción de la carga orgánica de aguas residuales domesticas en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana – Huancavelica.

$$\mu \neq C^{\circ}$$

Ho: La coagulación de sulfato de aluminio en el parámetro físico, temperatura (C°) no existe diferencia de la remoción de la carga orgánica de aguas residuales domesticas en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana – Huancavelica.

$$\mu = C^{\circ}$$

- Formulación de la hipótesis para turbiedad

Ha: La coagulación de sulfato de aluminio en el parámetro físico turbiedad (C°) existe diferencia de la remoción de la carga orgánica de aguas residuales domesticas en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana – Huancavelica.

$$\mu \neq NTU$$

Ho: La coagulación de sulfato de aluminio en el parámetro físico, turbiedad (C°) no existe diferencia de la remoción de la carga orgánica de aguas residuales domesticas en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana – Huancavelica.

$$\mu = NTU$$

- Formulación de la hipótesis para demanda bioquímica de oxígeno

Ha: La coagulación de sulfato de aluminio en el parámetro químico, demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) existe diferencia de la remoción de la carga orgánica de aguas residuales domesticas en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana – Huancavelica.

$$\mu \neq mg/L$$

Ho: La coagulación de sulfato de aluminio en el parámetro químico, demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) no existe diferencia de la remoción de la carga orgánica de aguas residuales domesticas en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana – Huancavelica.

$$\mu = mg/L$$

- Formulación de la hipótesis para demanda química de oxígeno

Ha: La coagulación de sulfato de aluminio en el parámetro químico, demanda química de oxígeno (DQO) existe diferencia de la remoción de la carga orgánica de aguas residuales domesticas en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana – Huancavelica.

$$\mu \neq mg/L$$

Ho: La coagulación de sulfato de aluminio en el parámetro químico, demanda química de oxígeno (DQO) no existe diferencia de la remoción de la carga orgánica de aguas residuales domesticas en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana – Huancavelica.

$$\mu = mg/L$$

- Formulación de la hipótesis para pH

Ha: La coagulación de sulfato de aluminio en el parámetro químico de demanda química de oxígeno (DQO) existe diferencia de la remoción de la carga orgánica de aguas residuales domesticas en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana – Huancavelica.

$$\mu \neq pH$$

Ho: La coagulación de sulfato de aluminio en el parámetro químico demanda química de oxígeno (DQO) no existe diferencia de la remoción de la carga orgánica de aguas residuales domesticas en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana – Huancavelica.

$$\mu = pH$$

2. Nivel de significación

En la presente investigación se trabajó con un error de 5 %; es decir:

$\alpha = 0.05$, por lo que el error del trabajo no debe ser mayor al planteado y con un grado de confianza de 95 %, es decir con $1 - \alpha = 0.95$

3. Estadístico de prueba

Se trabajó con el estadístico F de Fisher para el análisis de varianzas ANOVA (Sampieri, 2010).

4. Estimación de p-valor

Para la prueba de una cola con $\alpha=0.05$ en la tabla de Fisher tenemos los valores críticos de F α , V_1 , V_2 .

Se utilizó la tabla de Fisher con valores críticos de la distribución de 0.05

$$K-1 = 6 - 5 = 5$$

$$K(n-1) = 0.05$$

$$F_{\text{tabla}} = 5/0.05 = 2.78$$

$F_{\text{cal}} \leq$ que el valor del F de la tabla se acepta la hipótesis nula

$F_{\text{cal}} >$ que el valor del F de la tabla se rechaza la hipótesis nula.

5. Cálculo de los estadígrafos de prueba

Análisis de varianza (ANOVA) del coagulante de sulfato de aluminio en la remoción de carga orgánica de aguas residuales domesticas en el lugar Agua de Vichi - Santa – Ana - Huancavelica.

Se realizó el análisis de varianza para el coagulante de sulfato de aluminio para la eficiencia de remoción en las aguas residuales domesticas en el lugar Agua de Vichi de Santa Ana - Huancavelica. El tratamiento de la dosis óptima (20 mg/l a 120 mg/L) del coagulante de sulfato de aluminio. Presentaron efecto significativo ($P < 0.05$).

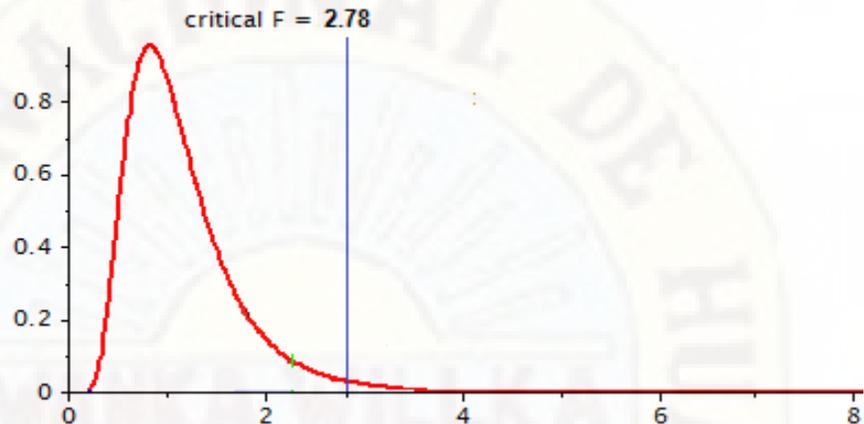
Tabla 20

Análisis de Varianza (ANOVA) de la Eficiencia de Remoción del Coagulante de Sulfato de Aluminio

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	5	2286.987111	457.397422	132.99	<.0001
Error	12	41.271200	3.439267		
Total, corregido	17	2328.258311			

Figura 32

Gráfica del valor crítico y el valor de Fisher



Nota: El valor de Fisher (F) calculado es igual a 132.99 > que el valor de Fischer (F) tabla igual 2.78.

Pruebas de medias de Tukey del coagulante de sulfato de aluminio en la remoción de carga orgánica de aguas residuales domesticas en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana – Huancavelica.

El presente análisis es una comparación de medias de Tukey a un nivel de significancia de Alpha 0.05, para el cual presenta diferencia estadística de la dosis óptima (20 a 120 ml/l) de coagulante de sulfato de aluminio para eficiencia de remoción. Se puede observar que existen diferencias estadísticas entre las dosis de sulfato de aluminio, se observó valores (71.16^a, 70.13^a y 67.75^a) siendo dosis optimas (120, 100 y 80 PPM) respectivamente.

Tabla 21

Prueba de Medias de Tuckey en las Unidades de Tratamiento de la Dosis Óptima (mg/l) de la Eficiencia de Remoción de Coagulante de Sulfato de Aluminio.

Tukey Agrupamiento	Media	N	Dosis
A	71.160	3	120
A			
A	70.137	3	100
A			
A	67.753	3	80
B			
B	51.540	3	60
B			
B	48.607	3	40
C			
C	43.170	3	20

Nota: (a y b) son promedios (medias) dentro de columnas con letras diferentes difieren entre si según la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

“a” son promedios (medias) dentro de columnas con letras iguales no difieren entre si según la prueba de Tukey ($p > 0.05$).

Análisis de varianza (ANOVA) del coagulante de sulfato de aluminio para temperatura en la remoción de carga orgánica de aguas residuales domesticas en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana – Huancavelica.

Se realizó el análisis de varianza para el coagulante de sulfato de aluminio para la temperatura en las aguas residuales domesticas en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana - Huancavelica. El tratamiento de la dosis óptima (20 a 120 mg/L) del coagulante de sulfato de aluminio. Presentaron efecto no significativo ($P < 0.05$).

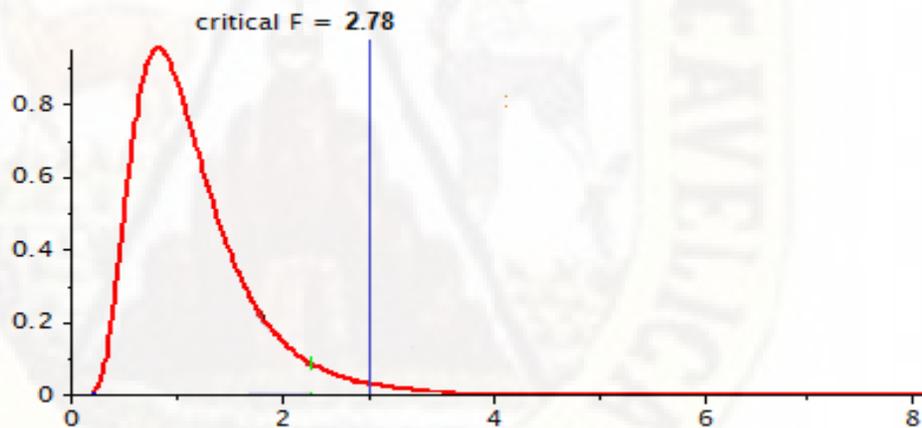
Tabla 22

Análisis de Varianza (ANOVA) del Coagulante de Sulfato de Aluminio para el Parámetro Físico de Temperatura

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	5	0.54944444	0.10988889	1.90	0.1677
Error	12	0.69333333	0.05777778		
Total, corregido	17	1.24277778			

Figura 33

Gráfica del valor crítico y el valor de Fisher



Nota: El valor de Fischer (F) calculado es igual a 1.90 < que el valor de Fischer (F) tabla igual 2.78.

Pruebas de medias de Tukey del coagulante de sulfato de aluminio para temperatura en la remoción de carga orgánica de aguas residuales domesticas en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana – Huancavelica.

El presente análisis es una comparación de medias de Tukey a un nivel de significancia de Alpha 0.05, para el cual presenta diferencia estadística

de la dosis óptima (20 a 120 mg/l) de coagulante de sulfato de aluminio para temperatura. Se puede observar que no existen diferencias estadísticas entre las dosis de sulfato de aluminio valores de (13.96^a a 13.46^a) en las dosis de 120 a 100 mg/l respectivamente. Con respecto a la diferencia mínima significativa (delta) 0.65.

Tabla 23

Prueba de Medias de Tukey en las Unidades de Tratamiento de la Dosis Óptima (mg/l) del Coagulante de Sulfato de Aluminio

Tukey Agrupamiento	Media	N	Dosis
A	13.9667	3	120
A			
A	13.9	3	60
A			
A	13.7667	3	20
A			
A	13.7667	3	40
A			
A	13.5667	3	80
A			
A	13.4667	3	100

Nota: (a y b) son promedios (medias) dentro de columnas con letras diferentes difieren entre si según la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

“a” son promedios (medias) dentro de columnas con letras iguales no difieren entre si según la prueba de Tukey ($p > 0.05$)

Análisis de varianza (ANOVA) del coagulante de sulfato de aluminio para turbiedad en la remoción de carga orgánica de aguas residuales domesticas en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana – Huancavelica.

Se realizó el análisis de varianza para el coagulante de sulfato de aluminio para la turbiedad en las aguas residuales domesticas en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana - Huancavelica. El tratamiento de la dosis óptima (20

a 120 mg/L) del coagulante de sulfato de aluminio. Presentaron efecto significativo ($P < 0.05$).

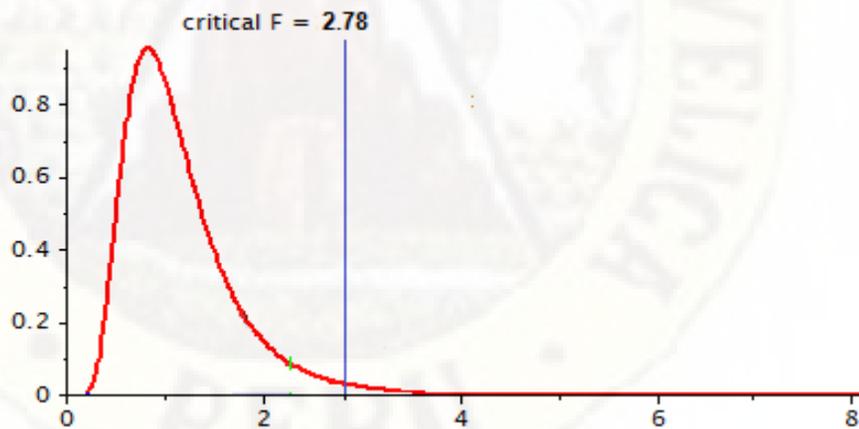
Tabla 24

Análisis de Varianza (ANOVA) del Coagulante de Sulfato de Aluminio para el Parámetro Físico de Turbiedad

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	5	11784.96696	2356.99339	132.95	<.0001
Error	12	212.74067	17.72839		
Total, corregido	17	11997.70763			

Figura 34

Grafica del valor crítico y el valor de Fisher



Nota: El valor de Fischer (F) calculado es igual a 132.95 > que el valor de Fischer (F) tabla igual 2.78.

Pruebas de medias de Tukey del coagulante de sulfato de aluminio para turbiedad en la remoción de carga orgánica de aguas residuales domesticas en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana – Huancavelica.

El presente análisis es una comparación de medias de Tukey a un nivel de significancia de Alpha 0.05, para el cual presenta diferencia estadística de la dosis óptima (20 a 120 mg/l) de coagulante de sulfato de aluminio para turbiedad. Se puede observar que existen diferencias estadísticas entre las dosis de sulfato de aluminio, se observó valores (65.46^a, 67.79^a y 73.20^a) siendo dosis optimas (120, 100 y 80 mg/l) respectivamente.

Tabla 25

Prueba de Medias de Tukey en las Unidades de Tratamiento de la Dosis Óptima (mg/l) del Coagulante de Sulfato de Aluminio

Tukey Agrupamiento	Media	N	DOSIS
A	129	3	20
B	116.667	3	40
B			
B	110	3	60
C	73.2	3	80
C			
C	67.79	3	100
C			
C	65.46	3	120

(a y b) son promedios (medias) dentro de columnas con letras diferentes difieren entre si según la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

“a” son promedios (medias) dentro de columnas con letras iguales no difieren entre si según la prueba de Tukey ($p > 0.05$).

Análisis de varianza (ANOVA) del coagulante de sulfato de aluminio para demanda bioquímica de oxígeno en la remoción de carga orgánica de aguas residuales domesticas en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana – Huancavelica.

Se realizó el análisis de varianza para el coagulante de sulfato de aluminio para la demanda bioquímica de oxígeno en las aguas residuales domesticas en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana - Huancavelica. El tratamiento de la dosis óptima (20 a 120 mg/L) del coagulante de sulfato de aluminio. Presentaron efecto significativo ($P < 0.05$).

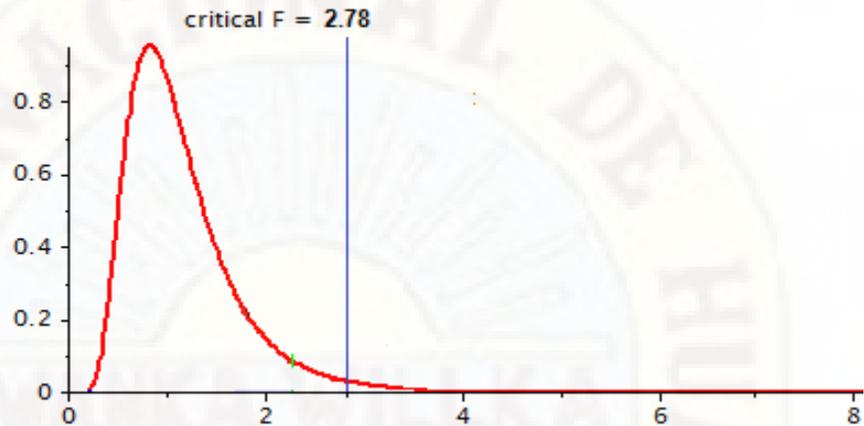
Tabla 26

Análisis de Varianza (ANOVA) del Coagulante de Sulfato de Aluminio para el Parámetro Químico de Demanda Bioquímica de Oxígeno

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	5	1326.257111	265.251422	1042.77	<.0001
Error	12	3.052467	0.254372		
Total, corregido	17	1329.309578			

Figura 35

Grafica del valor crítico y el valor de Fisher



El valor de Fischer (F) calculado es igual a $94.76 >$ que el valor de Fischer (F) tabla igual 2.78.

Pruebas de medias de Tukey del coagulante de sulfato de aluminio para demanda bioquímica de oxígeno en la remoción de carga orgánica de aguas residuales domesticas en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana – Huancavelica.

El presente análisis es una comparación de medias de Tukey a un nivel de significancia de Alpha 0.05, para el cual presenta diferencia estadística de la dosis óptima (20 a 120 mg/l) de coagulante de sulfato de aluminio para demanda bioquímica de oxígeno. Se puede observar que existen diferencias estadísticas entre las dosis de sulfato de aluminio, se observó valores (44.59^a y 44.38^a) siendo dosis optimas (100 y 120 mg/l) respectivamente.

Tabla 27

Prueba de Medias de Tukey en las Unidades de Tratamiento de la Dosis Óptima (mg/l) del Coagulante de Sulfato de Aluminio

Tukey Agrupamiento	Media	N	Dosis
A	73.7900	3	120
A			
A	67.7600	3	100
B	62.1233	3	80
B			
B	57.8000	3	60
C	53.7300	3	40
C			
C	47.9700	3	20

(a y b) son promedios (medias) dentro de columnas con letras diferentes difieren entre si según la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

“a” son promedios (medias) dentro de columnas con letras iguales no difieren entre si según la prueba de Tukey ($p > 0.05$).

Análisis de varianza (ANOVA) del coagulante de sulfato de aluminio para demanda química de oxígeno (DQO) en la remoción de carga orgánica de aguas residuales domesticas en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana – Huancavelica.

Se realizó el análisis de varianza para el coagulante de sulfato de aluminio para la demanda química de oxígeno en las aguas residuales domesticas en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana - Huancavelica. El tratamiento de la dosis óptima (20 a 120 mg/L) del coagulante de sulfato de aluminio. Presentaron efecto significativo ($P < 0.05$).

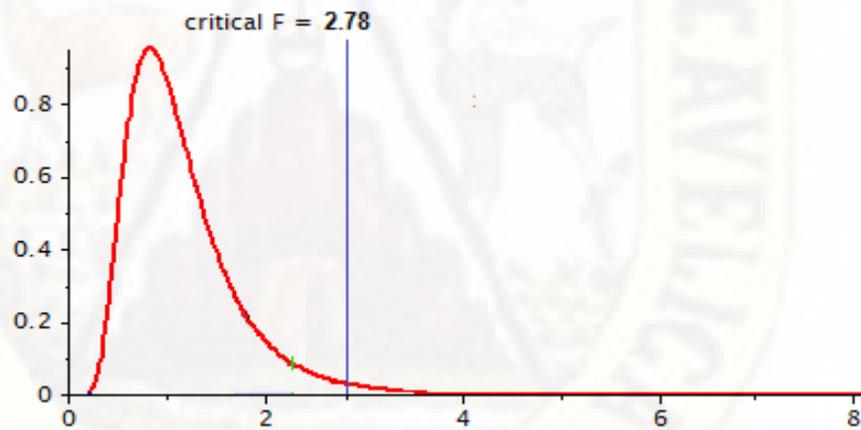
Tabla 28

Análisis de Varianza (ANOVA) del Coagulante de Sulfato de Aluminio para el Parámetro Químico de Demanda Química de Oxígeno

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	5	692.3019611	138.4603922	1548.00	<.0001
Error	12	1.0733333	0.0894444		
Total, corregido	17	693.3752944			

Figura 36

Grafica del valor crítico y el valor de Fisher



El valor de Fischer (F) calculado es igual a 50.00 > que el valor de Fischer (F) tabla igual 2.78.

Pruebas de medias de Tukey del coagulante de sulfato de aluminio para demanda química de oxígeno (DQO) en la remoción de carga orgánica de aguas residuales domesticas en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana – Huancavelica.

El presente análisis es una comparación de medias de Tukey a un nivel de significancia de Alpha 0.05, para el cual presenta diferencia estadística de la dosis óptima (20 a 120 mg/l) de coagulante de sulfato de aluminio para demanda química de oxígeno. Se puede observar que existen diferencias estadísticas entre las dosis de sulfato de aluminio, se observó valores (57.67^a y 56.39^a) siendo dosis optimas (120 y 100 mg/l) respectivamente.

Tabla 29

Prueba de Medias de Tukey en las Unidades de Tratamiento de la Dosis Óptima (mg/l) del Coagulante de Sulfato de Aluminio

	Tukey Agrupamiento	Media	N	DOSIS
	A	66.2633	3	120
	A			
	A	62.7133	3	100
	A			
B	A	58.5067	3	80
B				
B		55.0467	3	60
		51.3033	3	40
	C			
	C	48.4100	3	20
	C			

(a y b) son promedios (medias) dentro de columnas con letras diferentes difieren entre si según la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

“a” son promedios (medias) dentro de columnas con letras iguales no difieren entre si según la prueba de Tukey ($p > 0.05$).

Análisis de varianza (ANOVA) del coagulante de sulfato de aluminio para pH en la remoción de carga orgánica de aguas residuales domesticas en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana – Huancavelica.

Se realizó el análisis de varianza para el coagulante de sulfato de aluminio para la pH en las aguas residuales domesticas en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana - Huancavelica. El tratamiento de la dosis óptima (20 a 120 mg/L) del coagulante de sulfato de aluminio. Presentaron efecto no significativo ($P < 0.05$).

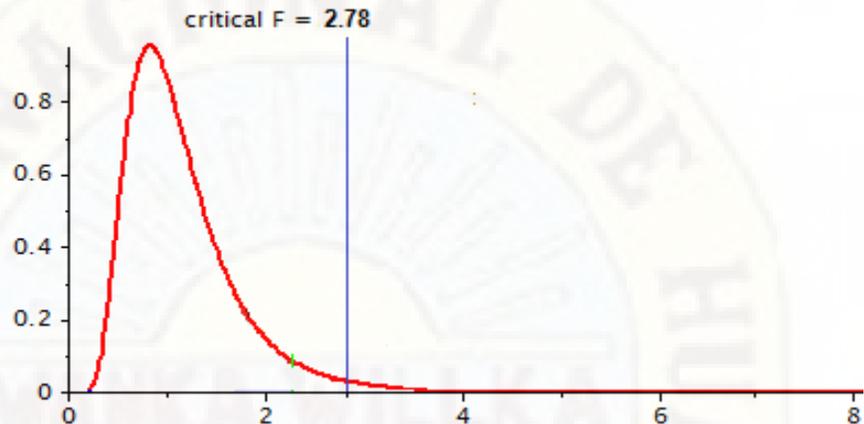
Tabla 30

Análisis de Varianza (ANOVA) del Coagulante de Sulfato de Aluminio para el Parámetro Químico de pH

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	5	0.16396111	0.03279222	1.51	0.2573
Error	12	0.26006667	0.02167222		
Total, corregido	17	0.42402778			

Figura 37

Gráfica del valor crítico y el valor de Fisher



El valor de Fischer (F) calculado es igual a $1.51 <$ que el valor de Fischer (F) tabla igual 2.78.

Pruebas de medias de Tukey del coagulante de sulfato de aluminio para (pH) en la remoción de carga orgánica de aguas residuales domesticas en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana – Huancavelica.

El presente análisis es una comparación de medias de Tukey a un nivel de significancia de Alpha 0.05, para el cual presenta diferencia estadística de la dosis óptima (20 a 120 mg/l) de coagulante de sulfato de aluminio para pH. Se puede observar que existen diferencias estadísticas entre las dosis de sulfato de aluminio, se observó valores (7.74^a a 7.46^a) siendo dosis optimas (100 y 60 mg/l) respectivamente.

Tabla 31

Prueba de Medias de Tukey en las Unidades de Tratamiento de la Dosis Óptima (mg/l) del Coagulante de Sulfato de Aluminio

Tukey Agrupamiento	Media	N	DOSIS
A	7.7467	3	100
A			
A	7.72	3	120
A			
A	7.6367	3	20
A			
A	7.6233	3	80
A			
A	7.55	3	40
A			
A	7.4667	3	60

(a y b) son promedios (medias) dentro de columnas con letras diferentes difieren entre si según la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

“a” son promedios (medias) dentro de columnas con letras iguales no difieren entre si según la prueba de Tukey ($p > 0.05$).

6. Decisión estadística

a) Decisión estadística para la primera hipótesis de remoción

Rechazo la hipótesis nula (H_0) y acepto la hipótesis alterna (H_a). Debido a que el valor de Fisher (F) calculado es igual a $1042.77 >$ que el valor de Fischer (F) tabla igual 2.78, además de la prueba de medias (Tuckey) por lo tanto se afirma que; **La remoción de la carga orgánica de aguas residuales domésticas existe diferencia por el método de coagulación con sulfato de aluminio en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana – Huancavelica.** Demostrando que existe significación en remoción de la turbiedad, para validar el grado de significancia estadística un alfa de 0.05 %.

b) Decisión estadística para el primer hipótesis temperatura

Acepto la hipótesis nula (H_0) y rechazo la hipótesis alterna (H_a). Debido a que el valor de Fisher (F) calculado es igual a $1548 <$ que el valor de Fischer (F) tabla igual 2.78 además de la prueba de medias (Tuckey) por lo tanto se afirma que; La coagulación de sulfato de aluminio en el parámetro físico, temperatura (C°) no existe diferencia de la remoción de la carga orgánica de aguas residuales domesticas en el lugar Agua de Vichi – Santa Ana - Huancavelica. Demostrando que no existe significación en remoción de la temperatura, para validar el grado de significancia estadística un alfa de 0.05 %.

c) Decisión estadística para la segunda hipótesis turbiedad

Rechazo la hipótesis nula (H_0) y acepto la hipótesis alterna (H_a). Debido a que el valor de Fisher (F) calculado es igual a $132.95 >$ que el valor de Fischer (F) tabla igual 2.78, además de la prueba de medias (Tuckey) por lo tanto se afirma que; La coagulación de sulfato de aluminio en el parámetro físico, turbiedad (NTU) existe diferencia de la remoción de la carga orgánica de aguas residuales domesticas el lugar Agua de Vichi – Santa Ana - Huancavelica. Demostrando que existe significación en remoción de la turbiedad, para validar el grado de significancia estadística un alfa de 0.05 %.

d) Decisión estadística para la segunda hipótesis demanda bioquímica de oxígeno

Rechazo la hipótesis nula (H_0) y acepto la hipótesis alterna (H_a). Debido a que el valor de Fisher (F) calculado es igual a $94.76 >$ que el valor de Fischer (F) tabla igual 2.78, además de la prueba de medias (Tuckey) por lo tanto se afirma que; **La coagulación de sulfato de aluminio en el parámetro química, demanda bioquímica de**

oxígeno (DBO₅) existe diferencia de la remoción de la carga orgánica de aguas residuales domesticas en el lugar Agua de Vichi – Santa Ana – Huancavelica. Demostrando que existe significación en remoción de la demanda bioquímica de oxígeno, para validar el grado de significancia estadística un alfa de 0.05 %.

e) Decisión estadística para la segunda hipótesis demanda química de oxígeno

Rechazo la hipótesis nula (H₀) y acepto la hipótesis alterna (H_a). Debido a que el valor de Fisher (F) calculado es igual a 50.00 > que el valor de Fischer (F) tabla igual 2.78, además de la prueba de medias (Tuckey) por lo tanto se afirma que; **La coagulación de sulfato de aluminio en el parámetro química, demanda química de oxígeno (DQO) existe diferencia de la remoción de la carga orgánica de aguas residuales domesticas en el lugar Agua de Vichi – Santa Ana – Huancavelica.** Demostrando que existe significación en remoción de la demanda química de oxígeno, para validar el grado de significancia estadística un alfa de 0.05 %.

f) Decisión estadística para la segunda hipótesis pH

Rechazo la hipótesis nula (H₀) y acepto la hipótesis alterna (H_a). Debido a que el valor de Fisher (F) calculado es igual a 1.51 < que el valor de Fischer (F) tabla igual 2.78, además de la prueba de medias (Tuckey) por lo tanto se afirma que; **La coagulación de sulfato de aluminio en el parámetro químico, (pH) existe diferencia de la remoción de la carga orgánica de aguas residuales domesticas en el lugar Agua de Vichi – Santa Ana – Huancavelica.** Demostrando que no existe significación en remoción de pH, para validar el grado de significancia estadística un alfa de 0.05 %.

4.3. Discusión de resultados

4.3.1 Eficiencia del sulfato de aluminio en la remoción de la carga contaminante de las aguas residuales domesticas

El coagulante sulfato de aluminio $Al(SO_4)_3$ ha sido eficaz en nuestro tratamiento de aguas residuales domésticas, porque hemos logrado sintetizar nuestro objetivo principal y los objetivos específicos de nuestro trabajo de investigación en un tiempo determinado.

En este trabajo se logró cumplir los objetivos específicos propuestos, remoción de parámetros físico químicos y hallar la dosis óptima del coagulante donde se obtiene mejores resultados de remoción, por tanto, podemos concluir que el sulfato de aluminio aplicado en las aguas residuales domésticas ubicado en Agua de Vichi – Santa Ana - Huancavelica, es eficaz.

4.3.2 Eficiencia de remoción según los resultados obtenidos aplicando la coagulación con sulfato de aluminio en el parámetro Turbiedad.

(Romero Rojas, 2016), señala que la Turbiedad constituye una medida óptica del material suspendido en el agua. Las aguas residuales crudas son, en general, turbias; en aguas residuales tratadas puede ser un factor importante de control de calidad. Las sustancias responsables de la turbiedad del agua son las partículas en suspensión, tales como arcilla, minerales, sedimentos, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, plancton, bacterias y otros microorganismos.

Ortiz y Vargas (2016), hicieron una comparación de un coagulante natural el extracto del mucilago de Llantén con el compuesto químico Sulfato de Aluminio. Donde obtiene un 85 % de remoción en el parámetro Turbiedad haciendo uso del Sulfato de aluminio, con un valor inicial de 104 NTU y valor final 15.4 NTU. Por otro lado, haciendo uso del mucilago de Llantén obtiene un 77 % de remoción, con valor inicial de 104 NTU y valor final 24 NTU.

Barajas y León (2015), señala que la Turbiedad es uno de los parámetros importantes en el tratamiento del agua. En este caso obtienen una remoción de Turbiedad de más del 70 %.

Bravo Gallardo (2015), Trabajó con coagulantes naturales como el extracto de *Opuntia ficus indica*, se han trabajado con dosis de 40 mg/l de coagulante y se trataron muestras de agua provenientes de ríos con una turbidez inicial de 276 NTU. Presentaron una remoción de turbidez de hasta 93.25%.

En caso nuestro trabajamos con Sulfato de Aluminio que es un compuesto químico.

Castrillón y De Los Ángeles (2012), hallaron la dosis óptima de sulfato de aluminio en función de la turbiedad para el tratamiento de agua potable. Donde obtuvieron valores de turbiedad inicial 249 NTU y final de 2.08 NTU.

4.3.3 Eficiencia de remoción según los resultados obtenidos aplicando la coagulación con sulfato de aluminio en el parámetro Temperatura (C°)

(Ore Asparrin, 2017) menciona que la variación en la temperatura del agua conduce a la formación de corrientes de densidad (variación de la densidad del agua) de diferentes grados que afectan a la energía cinética de las partículas en suspensión, por lo que la coagulación se hace más lenta; temperaturas muy elevadas desfavorecen igualmente a la coagulación.

Una disminución de la temperatura del agua en una unidad de decantación conlleva a un aumento de su viscosidad; esto implica las dificultades de la sedimentación de un floc.

En ese sentido trabajaron a una temperatura de 20 C° para obtener mejores resultados. En nuestra tesis se trabajó a una temperatura de 13.74 C° lo cual obtuvimos mejores resultados de lo esperado.

Barajas y León (2015), señala que la Temperatura tiende a influir en el proceso de coagulación ya que a una menor temperatura es mayor el tiempo que se necesita para que exista una floculación de las partículas suspendidas en el gua. Razón por la cual se estableció como parámetro influyente.

4.3.3 Eficiencia de remoción según los resultados obtenidos aplicando la coagulación con sulfato de aluminio en el parámetro Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)

(Bolívar Sauñe, 2018) hace uso de la semilla de nísperos como coagulante natural, donde obtiene resultados en el parámetro DBO5 un promedio del 98.92% de remoción, el cual indica el nivel de efectividad para tratar de depurar las aguas residuales domésticas. Nosotros obtuvimos 73.79% de remoción en DBO5.

4.3.4 Eficiencia de remoción según los resultados obtenidos aplicando la coagulación con sulfato de aluminio en el parámetro Demanda química de oxígeno (DQO)

Ortiz y Vargas (2016), hacen uso de Llantén como coagulante natural, lo cual permite la remoción de compuestos orgánicos susceptibles a la oxidación. Inicialmente tienen un valor de DQO igual a 208 mg/l, y posterior al ensayo obtienen un valor final de 108 mg/l, teniendo un 48 % de eficiencia de remoción.

En nuestra investigación obtuvimos un 66.26 % de eficiencia haciendo uso del sulfato de aluminio, lo cual en comparación nos con el Llantén nos indica que este compuesto químico actúa mejor en las aguas residuales obteniendo un mayor porcentaje de remoción de carga orgánica.

Bravo Gallardo (2015), utilizaron coagulantes naturales y mencionan en cuanto a las aguas residuales municipales, se han elegido por presentar altos valores de turbidez, DQO y DBO5. De acuerdo a los resultados, el porcentaje de eliminación de materia orgánica (DQO y DBO5) fue del 40% y 60% respectivamente.

De igual manera señalan que diversidad de agentes coagulantes y floculantes naturales utilizados para el tratamiento de muestras de aguas residuales han sido desarrollados eficientemente para remover los parámetros de sólidos suspendidos, turbidez, colorantes, demanda química de oxígeno, con porcentajes de eliminación de más del 90%. Sin embargo, aún no se han evaluado a escala industrial, por lo tanto, se recomienda la optimización de extracción de agentes coagulantes de fuentes naturales para tratar aguas a escala industrial.

4.3.5 Eficiencia de remoción según los resultados obtenidos aplicando la coagulación con sulfato de aluminio en el parámetro Potencial de Hidrogeno (pH)

Ortiz y Vargas (2016), realizaron ensayos para la determinación de pH (ajuste de pH) donde el agente coagulante es capaz de remover mayor carga contaminante. El rango de pH donde obtuvieron mayor porcentaje de remoción esta entre 7 a 8, confirmándose de esta forma que el $\text{Al}(\text{SO}_4)_3$ presenta un mayor grado de efectividad al tratar aguas que se encuentren con un pH dentro de dicho rango.

Rojas, et al (2015), señala en relación con el pH, la eficiencia del tratamiento aumento conforme el pH del agua disminuyó de 7.25 a 6.00, siendo este último el valor óptimo para la remoción del contaminante, lo cual coincide con lo mencionado en el anterior párrafo, a pH menor de 8, el porcentaje de remoción es mayor.

Barajas y León (2015), Menciona que para turbiedades mayor a 200 NTU, el pH óptimo fue de 7.5 con turbidez final de 8.5 NTU, las cuales están dentro del rango de 5.5 y 8.0.

En nuestra investigación obtuvimos un pH promedio de 7.62, lo cual mantenemos el rango de pH entre 7 y 8, y no era necesario realizar un ajuste de pH.

4.3.6 Dosis óptima del coagulante sulfato de aluminio $Al(SO_4)_3$ en la remoción de carga contaminante de las aguas residuales domésticas

Ortiz y Vargas (2016), emplearon coagulante natural mucilago de Llantén y sulfato de aluminio, y estos presentan eficiencias superiores al 77% en remoción de turbiedad con la dosis máxima de 100 mg/l y el mínimo valor de velocidad de mezcla lenta (20 rpm). En la presente tesis nuestra dosis óptima fue la de 120mg/l obteniendo una eficiencia de 73.79%.

(Cerón Pérez, 2016) Menciona que la dosis de coagulante es un parámetro crítico dado que si este se adiciona por debajo de la cantidad requerida, no se neutralizan totalmente las cargas de las partículas, la formación de microflocs es escasa y la turbiedad del agua tratada es elevada; si se adiciona exceso de coagulante, se produce la inversión de las cargas de las partículas y la sucesiva formación de gran cantidad de microflocs con tamaños muy pequeños y velocidades de sedimentación muy bajas y la turbiedad del agua tratada es igualmente elevada.

Por ello en nuestra investigación aplicamos las dosis en un rango de 20 mg/l a 120 mg/l ya que en los antecedentes encontrados mayores a esta dosis se genera la inversión de cargas de las partículas. Aparte de ello nuestra lectura de Turbiedad inicial es de 227 NTU, el cual es considerado una turbiedad moderada no muy alta.

Ortiz y Vargas (2016), realizan una comparación de velocidades de mezcla rápida y lenta para encontrar las condiciones de operación que favorezcan la mayor eficiencia de remoción de carga contaminante en el agua residual. El valor de mezcla rápida-lenta de 100-20 rpm queda descartado de la posible combinación ideal, por el contrario, el valor de velocidad de mezcla rápida-lenta 200-20 rpm registra la remoción máxima de turbiedad en un 81%, lo que la convierte en una candidata para la combinación ideal de variables de operación, aunque la velocidad de mezcla no represente una variable significativa frente a la remoción de carga contaminante de acuerdo a los estudios.

Teniendo en cuenta este antecedente, tomamos esta combinación de velocidades de mezcla, en el primer ensayo se tomó la velocidad de mezcla rápida-lenta 200-20 rpm, en el segundo ensayo se tomó la velocidad de mezcla rápida-lenta 150-20 rpm, en el segundo ensayo se tomó la velocidad de mezcla rápida-lenta 100-30 rpm.

Carrizales y Enríquez (2021), realiza el ensayo de prueba de jarras tomando las dosis del coagulante natural moringa oleífera que van desde 20mg/l a 100 mg/l de donde obtienen la dosis y concentración óptima de coagulante. Durante la quinta muestra la remoción de turbidez fue de 53.67 UNT a 5.55 UNT con una dosis óptima de 80 mg/l; en la sexta muestra se observó una remoción de turbidez de 62.77 UNT a 5.38 UNT con una dosis óptima de 80 mg/l; durante la medición de la séptima muestra se obtuvo una remoción de turbidez de 75.59 UNT a 5.30 UNT con una dosis óptima de 80mg/l; en la octava muestra se pudo observar una remoción de la turbidez de 88.89 UNT a 4.85 UNT con una dosis óptima de 90 mg/l; en la novena muestra se pudo observar una remoción de la turbidez de 90.32 UNT a 4.67 UNT con una dosis óptima de 90 mg/l y en la décima muestra se pudo observar una remoción de la turbidez de 105.63 UNT a 4.93 UNT con una dosis óptima de 100 mg/l. Con el cual podemos llegar a la conclusión de que dicha tesis también obtuvo una dosis óptima con 100 mg/l de coagulante, donde se obtuvo el mejor porcentaje de remoción de turbiedad, ya que en este caso el coagulante es natural, pero igual de efectiva.

Bravo Gallardo (2015), utilizaron coagulantes naturales y mencionan que, en cuanto a las aguas residuales municipales, se han elegido por presentar altos valores de turbidez, DQO y DBO5. De acuerdo a los resultados, el porcentaje de eliminación de materia orgánica (DQO y DBO5) fue del 40% y 60% respectivamente.

CONCLUSIONES

- La remoción de carga orgánica de aguas residuales domésticas se obtuvo una media óptima de 74 % a una dosis de 120 mg/l por el método de coagulación con sulfato de aluminio en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana - Huancavelica.
- El coagulante de sulfato de aluminio no tuvo diferencias estadísticas significativas en los valores de temperatura con una media de 13.74 ° C, pero en relación a la turbiedad si se obtuvo valores óptimos de 71.16, 70.14 y 67.75 % que corresponde a las dosis de (120, 100 y 80 mg/l) en la remoción de la carga orgánica de aguas residuales domésticas en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana – Huancavelica.
- El coagulante de sulfato de aluminio presentó diferencias estadísticas significativas en los valores de demanda química de oxígeno (DQO) con una media óptima de 66.26 % a una dosis de 120 mg/l, en relación con el parámetro pH presentó una media de 7.62 en la remoción de la carga orgánica de aguas residuales domésticas en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana – Huancavelica.
- La dosis óptima del coagulante sulfato de aluminio fue de 120 mg/l en la remoción de carga orgánica de aguas residuales domésticas en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana – Huancavelica.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda contar con equipos calibrados y equipos que sean capaz de monitorear turbiedades mayores a 1000 NTU, ya que con esto podemos conocer el comportamiento que presentara la dosis de coagulante en turbiedades superiores.
- Se deben analizar los factores climáticos, para observar si las lluvias influyen en las muestras del efluente de aguas residuales domésticas, puede que la lluvia modifique los resultados, puesto que si hay lluvia el agua residual vendrá con mayores sedimentos de tal manera que habría mayor cantidad de cargas contaminantes.
- Se recomienda realizar los ensayos para el ajuste de pH, para de esta forma obtener mejores resultados.
- Se recomienda realizar un pretratamiento usando equipos como cámara de reja para la separación de solidos de mayor tamaño y desarenadores para eliminar la arena presente en las aguas residuales.
- Se recomienda usar el método de coagulación con sulfato de aluminio en una planta de tratamiento de aguas residuales, como un tratamiento primario, ya que en esta etapa se eliminan los sólidos en suspensión usando procesos físicos químicos.
- Se recomienda estudiar otro tipo de coagulantes ya sean naturales o químicos para tener más opciones de tratamiento y de menor costo.
- Dado que cada tipo de agua presenta características únicas, se recomienda que antes de aplicar alguna tecnología especifica, debería efectuarse los ensayos pertinentes que garanticen una remoción apropiada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andia Cardenas, Y. (s.f.). *Evaluacion de Plantas y desarrollo Tecnológico*. Lima: SEDAPAL.
- Arias Hoyos, A., Hernandez Medina, J. L., Castro Valencia, A. F., & Sanchez Peña, N. E. (2017). *Tratamiento de aguas residuales de una central de sacrificio: uso del polvo de la semilla de la m. oleífera como coagulante natural*. Colombia: Corporación Universitaria Autónoma del Cauca.
- Barajas Garzon, C. L., & Leon Luque, A. J. (2015). *Determinacion de la dosis optima de sulfato de aluminio (AL(SO4)318H2O) en el proceso de coagulacion - floculacion para el tratamiento de agua potable por medio del uso de una red neuronal artificial*. Bogota.
- Barrenechea Martel, A. (2004). *Coagulación*. Lima: CEPIS.
- Benavides, J. F. (2006). *Tratamiento de aguas residuales domesticas*.
- Bolivar Sauñe, L. M. (2018). *Remoción de sólidos suspendidos y materia orgánica de las aguas residuales domésticas empleando semillas de níspero en la zona urbana de Coayllo – Lima*. Lima: Universidad César Vallejo.
- Bravo Gallardo, M. A. (2015). *Coagulantes y floculantes naturales usados en la reducción de turbidez, sólidos suspendidos, colorantes y metales pesados en aguas residuales*. Bogota: Universidad Nacional Francisco José de Caldas.
- Cabrera Bermúdez, X., Fleites Ramirez, M., & Contreras Moya, A. M. (2009). *Estudio del proceso de coagulacion- floculacion de aguas residuales de la empresa textil desembarco del granma a la escala de laboratorio*. Cuba: Universidad de Oriente.
- Cajigas, A. (1995). *Tratamiento de Aguas Residuales tratamiento, vertido y reutilizacion*. España: Tercera.
- Carrera García, G. D., & Infante Torres, E. R. (2015). *Influencia del pH, concentración de coagulante y floculante en la remoción de solidos suspendidos, demanda química de oxígeno y turbidez en efluente de lavado de pulpa de la Planta Papelera Trupal S.A*. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.
- Casas, J., Repullo, J., & Donado, J. (2003). La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento. *INVESTIGACION*, 527.
- Castro Olarte, J. (2018). *Evaluación De La Remoción De Materia Orgánica En Un Reactor Anaerobio De Manto De Lodos De Flujo Ascendente (Uasb) Para El*

Tratamiento De Aguas Residuales Del Camal Municipal De Huancavelica.
Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica.

Cerón Pérez, V. A. (2016). *Estudio para la determinación y dosificación óptima de coagulantes en el proceso de clarificación de aguas crudas en la potabilización de aguas de la empresa Empozando E.SP.* San Juan de Pasto: Universidad de Nariño.

Cisterna Osorio, P., & Peña, D. (s.f). *Determinacion de la relación DQO/DBO5 en aguas residuales de comunas con poblacion menor a 25.000 habitantes en la VIII Región.* Univerisdad Tec. Fed. Sta María.

Cueva Clemente, H. J. (2014). *Diseño de experimentos en la remoción de metales pesados en aguas residuales de la industria minera por procesos de coagulación con sulfato ferroso.* Lima: Universidad Nacional de Ingenieria.

Eduardo, V. G. (1988). Eficiencia de Remocion de DBO en la PTARs. En N. G. Guzman. Lima.

EMAPA HUANCAVELICA. (2015). *Informe final de evaluación 2013- 2015.* Huancavelica: EMAPA.

Enrique Cesar Valdez, A. B. (2003). *Ingeniería de los sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales.* México.

Epigares García, & Pérez López. (1985). *Aspectos Sanitarios del estudio de las aguas.* Granada: Universidad de Granada.

Epigares Garcia, & Pérez López. (1985). *aspectos sanitarios del estudio de las aguas .* Granada: Publicaciones Granada.

Gago, D. O. (s.f.). Como realizar investigaciones.

Gestion ambiental. (2000). *Determinacion de los parametros fisico-quimicos de calidad de las aguas.* Madrid: Gestion ambiental. Obtenido de <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf>

Glynn, H., & Heinke, G. (1999). *Ingenieria Ambiental* (Segunda Edición ed.). Mexico: MEG WEIST.

Goel. (2005).

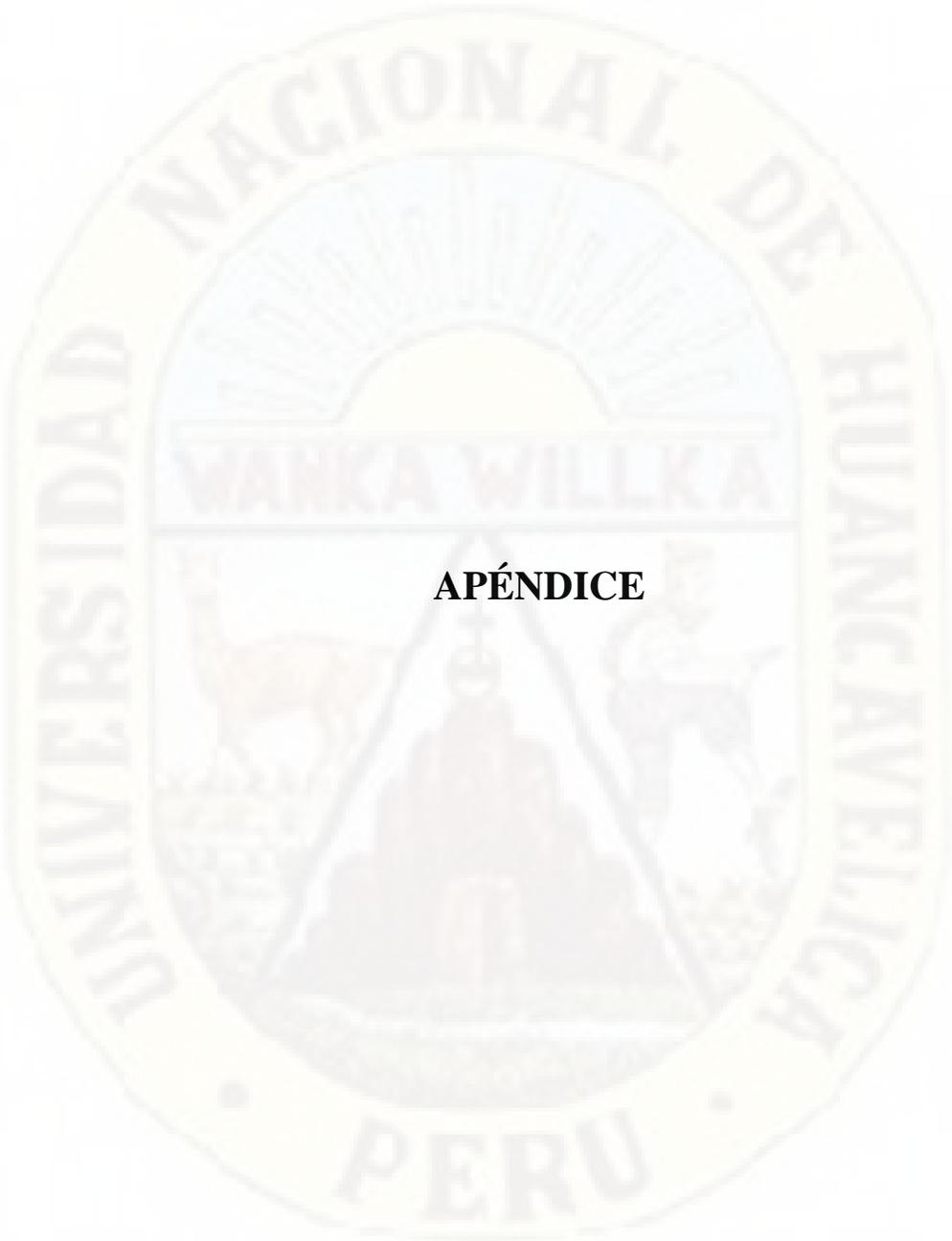
Goel. (2005). Flora and Chen.

Gutierrez, E. (2011). Eficiencia de Sulfato de Aluminio Durante el Tratamiento de Aguas Residuales de una Industria Avicola. *Impacto Cientifico*, 256.

- Hernández, A. (sf). *Sólidos Suspendedos Totales en Agua Secados A 103 - 105°C*. Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y estudios Ambientales (IDEAM).
- Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, M. D. (s.f). *Metodología de la investigación* (Quinta edición ed.). Obtenido de www.FreeLibros.com
- Industrial Data. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Industrial Data*, 75.
- JinPeng Mining. (7 de setiembre de 2008). *Problemas de la contaminación en el agua*. Obtenido de ECOPORTAL: https://www.ecoport.com/temas-especiales/agua/problemas_de_contaminacion_en_el_agua/
- Mangini, Prendes, Amsler, & Huespe. (2003). *Importancia de la floculación en la sedimentación de la carga de lavado en ambientes del río Paraná- Argentina*. Mexico: Ingeniería Hidráulica en México.
- Mihelcic, J., & Zimmerman, B. j. (2012). *De Ingeniería Ambiental Fundamentos Sostenibilidad y Diseño*. Mexico: Alfaomega Grupo Editor S.A de C.V.
- Ministerio de Vivienda, C. y. (2013). *Protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales*.
- Montes Bujaico, S. K., & Romero Huarcaya, J. D. (2017). *Efecto de la concentración del coagulante y velocidad de agitación en la disminución de la demanda química de oxígeno de agua residual doméstica*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Muñoz Cruz, A. (2008). *Caracterización y tratamiento de aguas residuales*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Obtenido de <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/514/Caracterizacion%20y%20tratamiento%20de%20aguas%20residuales.pdf;jsessionid=7114D5A3D275968F01CBEE247E7D2CCC?sequence=1>
- National Academy Of Sciences. (2007). *El agua potable segura es esencial*. Obtenido de <https://www.koshland-science-museum.org/water/html/es/Treatment/Coagulation-Flocculation.html>
- Niño, V. M. (2011). *Metodología de la investigación*.
- Norma os.090*. (s.f). Obtenido de https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas_Legales/saneamiento/OS.090.pdf

- ONU Para la Educación la Ciencia y la Cultura. (2019). *Informe Mundial de las Naciones Unidas Sobre el Desarrollo de los Recursos Hidricos 2019*. París: UNESCO.
- Ore Asparrin, A. (2017). *Influencia del sulfato de aluminio y pH en la remoción de la materia orgánica para el tratamiento del agua residual del Camal Municipal de Chupaca*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Organizacion de Evaluacion y Fiscalizacion Ambiental. (2014). *Fiscalizacion Ambiental en Aguas Residuales*. Lima: OEFA.
- Ortiz López, Y. A., & Vargas Oliveros, P. A. (2016). *Comparacion de la capacidad coagulante del llanten plantago major (sp) frente al coagulante convencional sulfato de aluminio en agua residual domestica sintetica*. Bogota: Universidad de la Salle.
- Osorio, P. C. (2004). *Metodos para el tratamiento de aguas residuales*.
- Parra Rodrigues, L. (2006). *Operacion de un filtro anaerobio flujo ascendente (FAFA) hasta alcanzar el estado estable*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.
- PQ Corporation. (2019). *Silicatos y Derivados S.A. de C.V.* Obtenido de [http://www.aniq.org.mx/pqta/pdf/Respaldo/Sulfato%20de%20Al.Sol.%20Libre%20de%20Fe\(toda%20LIT\).pdf](http://www.aniq.org.mx/pqta/pdf/Respaldo/Sulfato%20de%20Al.Sol.%20Libre%20de%20Fe(toda%20LIT).pdf)
- Ramalho, R. (1983). *Tratameintos de aguas residuales*. Barcelona: Reverte, S.A.
- Rivas Romero, S., Menés Vuelta, G., & Rómulo Rodríguez, A. (Marzo de 2017). Tratamiento por coagulación-floculación a efluente de la Empresa del Níquel Comandante Ernesto Che Guevara. *Centro de Investigacion de Nickel (CEDINIQ)*, 11.
- Rojas Chaves, P., Vargas Benavides, M., Valverde Cerdas, J., Romero Esquivel, L., & Araya Obando, A. (2015). *Estudio de remoción de arsénico en agua potable a nivel domiciliario mediante oxidación solar y coagulación-floculación*. Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Rojas, J. A. (2006). *Calidad del Agua*. Colombia: segunda.
- Romero R., J. (2005).
- Romero Rojas, J. A. (2016). *Tratamiento de aguas residuales*. Escuela colombiana de ingeniería .
- Sampieri, R. H. (2010). *Metodologia de la investigación* (Quinta edicion ed.). Mexico: Mc Graw Hill.

- Santos, G. O. (2005). *Parametros fisico quimico del agua*.
- Scavo, M. (2002). *tratamiento de aguas residuales*.
- Sevilla. (2002). *depuracion de aguas residuales en espacios naturales protegidos de Anda Lucia*. Consejeria de Medio Ambiente.
- Shuttleworth, M. (2008). "*Diseño Experimental Verdadero*".
- Silva y Otros. (1993).
- Smedley, T. (2017). *se esta cabando el agua dulce en el mundo*. Obtenido de BBC Future: <https://www.bbc.com/mundo/vert-fut-39699793>
- Superintendencia Nacional de Servicio de Saneamiento (SUNASS). (2008). *Diagnostico situacional de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en las EPS del Perú y propuestas de solución*. Lima: RyF Publicaciones y Servicios S.A.C.
- (2005). *Texto Unico Ordenado del Reglamento de la Ley General de Servicio de Saneamiento Ley N°26338 aprobado por decreto supremo N°023-2005-Vivienda*. Lima: Vivienda.
- Tupia, W. (17 de Marzo de 2015). Rio Ichu esta desprotegido ente la contaminacion.
- Universidad Euskal Herriko. (s.f). Contaminación de las aguas. (pág. 38). Vasco: Escuela Universitaria de Ingenieria Vitoria Gasteiz.



APÉNDICE

Tabla 32
Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA	MUESTRA	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>Problema General:</p> <p>¿Cuál es la eficiencia de remoción de carga orgánica de aguas residuales domésticas por el método de coagulación con sulfato de aluminio en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana - Huancavelica?</p> <p>Problemas Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es la eficiencia de remoción de carga orgánica de aguas residuales domésticas por el método de coagulación con sulfato de aluminio en los parámetros físicos de (T°, SST, Turbiedad) en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana - Huancavelica? • ¿Cuál es la eficiencia de remoción de carga orgánica de aguas residuales domésticas por el método de coagulación con sulfato de aluminio en los parámetros químicos de (DBO5, DQO y pH) en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana - Huancavelica? • ¿Cuál es la dosis óptima del coagulante sulfato de aluminio en la remoción de carga orgánica de aguas residuales domésticas en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana - Huancavelica? 	<p>Objetivo General:</p> <p>Determinar la eficiencia de remoción de carga orgánica de aguas residuales domésticas por el método de coagulación con sulfato de aluminio en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana - Huancavelica</p> <p>Objetivos Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar la eficiencia de remoción de la carga orgánica de aguas residuales domésticas por el método de coagulación con sulfato de aluminio en los parámetros físicos de (T°, Turbiedad) en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana - Huancavelica • Determinar la eficiencia de remoción de carga orgánica de aguas residuales domésticas por el método de coagulación con sulfato de aluminio en los parámetros químicos de (DBO5, DQO y pH) en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana - Huancavelica • Determinar la dosis óptima del coagulante sulfato de aluminio en la remoción de carga orgánica de aguas residuales domésticas en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana - Huancavelica 	<p>Hipótesis General:</p> <p>El método de coagulación con sulfato de aluminio genera una eficiencia del 50% de remoción de carga orgánica de aguas residuales domésticas en el lugar Agua de Vichi - Santa Ana - Huancavelica.</p>	<p>Variable Dependiente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Remoción de carga orgánica de aguas residuales domésticas <p>Variables Independientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Coagulación con sulfato de aluminio 	<p>Tipo de Investigación :</p> <p>La investigación es de tipo aplicada</p> <p>Nivel de Investigación :</p> <p>Es de nivel explicativo</p> <p>Método General:</p> <p>Experimental</p> <p>Diseño:</p> <p>Diseño Completamente al azar simple DCA</p>	<p>Población:</p> <p>La población en el presente trabajo de investigación será el afluente del río Ichu del lugar Agua de Vichi - Santa Ana - Huancavelica lo cual presenta un caudal promedio de 8 l/s</p> <p>Muestra:</p> <p>Para el análisis de laboratorio se trabajará con una muestra de agua residual de 3 L aproximadamente. Para prueba de jarras de trabajará con una muestra de agua residual de 20 L aproximadamente.</p> <p>Muestreo:</p> <p>El muestreo en campo se realizará 5 veces para obtener una muestra representativa del agua residual doméstica el cual se evalúa en el instante los parámetros de pH y temperatura, posteriormente llevar a un laboratorio certificado para sus respectivos análisis en los parámetros de demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO) sólidos en suspensión total (SST) y turbiedad. Para la prueba de jarras se realizará el ensayo 2 veces.</p> <p>Tipo de muestreo</p> <p>Muestra no probabilística</p>	<p>Técnicas:</p> <p>Los ensayos experimentales necesarios para la justificación de la hipótesis planteada se realizará la prueba de jarras y ensayos adicionales con respecto a los parámetros, tomar información y registrarla para su posterior análisis. Para hallar la eficiencia de remoción de la carga orgánica se dará en porcentaje, con la siguiente formula:</p> $E = (S_0 - S) / S_0 \times 100$ <p>Instrumentos:</p> <p>El instrumento que se va usar para recolectar datos será extraída del protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales, anexo-rm-273-2013-vivienda.</p>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33*Resultados de Parámetros Físico Químicos del Primer Ensayo de Prueba de Jarras*

PRUEBA DE JARRAS (ENSAYO N°1)							
Fecha: 15/10/2020		PARÁMETROS					
N° DE JARRA	DOSIS Al ₂ (SO ₄) ₃	TEMPERATURA		PH		TURBIEDAD	
		INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
1	20 PPM	15	14	7.78	7.77	227	125
2	40 PPM	15	13.9	7.78	7.77	227	114
3	60 PPM	15	13.8	7.78	7.64	227	109
4	80 PPM	15	14	7.78	7.72	227	68.2
5	100 PPM	15	13.7	7.78	7.76	227	65.1
6	120 PPM	15	14.1	7.78	7.75	227	71.5

Tabla 34*Resultados de Parámetros Físico Químicos del Segundo Ensayo de Prueba de Jarras*

PRUEBA DE JARRAS (ENSAYO N°2)							
Fecha: 30/10/2020		PARAMETROS					
N° DE JARRA	DOSIS Al ₂ (SO ₄) ₃	TEMPERATURA		PH		TURBIEDAD	
		INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
1	20 PPM	14.8	13.5	7.78	7.57	226.7	132
2	40 PPM	14.8	13.6	7.78	7.44	226.7	120
3	60 PPM	14.8	14	7.78	7.53	226.7	111
4	80 PPM	14.8	13.2	7.78	7.41	226.7	80.9
5	100 PPM	14.8	13.2	7.78	7.75	226.7	70.67
6	120 PPM	14.8	13.8	7.78	7.69	226.7	60.99

Tabla 35*Resultados de Parámetros Físico Químicos del Tercer Ensayo de Prueba de Jarras*

PRUEBA DE JARRAS (ENSAYO N°3)							
Fecha: 15/11/2020		PARAMETROS					
N° DE JARRA	DOSIS Al₂(SO₄)₃	TEMPERATURA		PH		TURBIEDAD	
		INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
1	20 PPM	15	13.8	7.78	7.57	227	130
2	40 PPM	15	13.8	7.78	7.44	227	116
3	60 PPM	15	13.9	7.78	7.23	227	110
4	80 PPM	15	13.5	7.78	7.74	227	70.5
5	100 PPM	15	13.5	7.78	7.73	227	67.6
6	120 PPM	15	14	7.78	7.72	227	63.89

Figura 38

Reporte de Análisis DBO5 del Ensayo de Jarras N°1

REPORTE DE ANALISIS

Pag: 1 - 1

Análisis Solicitado por : JANAMPA CHOQUE, Yulisa y QUIROZ QUISPE, Mari Luz
Tipo de muestra : Muestras de Aguas Rio Ichu
Fecha de recepción : 15 / 10 /2020
Fecha de inicio : 15 / 10 /2020
Fecha de finalización : 15 / 10 /2020
Tipo de ensayo : Instrumentación – Clásico

ID.MUESTRA LABORATORIO	ID. MUESTRAS CLIENTE	PARAMETRO	FECHA	MUESTRA INICIAL (mg/l)	MUESTRA FINAL (mg/l)
MA-19/00056	Al ₂ (SO ₄) ₃ 20 ppm	Bioquímica de Oxígeno DBO ₅ mg/L	15/10/2020	250	130
MA-19/00057	Al ₂ (SO ₄) ₃ 40 ppm	Bioquímica de Oxígeno DBO ₅ mg/L	15/10/2020	250	118
MA-19/00058	Al ₂ (SO ₄) ₃ 60 ppm	Bioquímica de Oxígeno DBO ₅ mg/L	15/10/2020	250	105
MA-19/00059	Al ₂ (SO ₄) ₃ 80 ppm	Bioquímica de Oxígeno DBO ₅ mg/L	15/10/2020	250	95
MA-19/00060	Al ₂ (SO ₄) ₃ 100 ppm	Bioquímica de Oxígeno DBO ₅ mg/L	15/10/2020	250	80
MA-19/00061	Al ₂ (SO ₄) ₃ 120 ppm	Bioquímica de Oxígeno DBO ₅ mg/L	15/10/2020	250	65

PARAMETROS DE ACUERDO A NORMAS:

PARÁMETROS	MÉTODOS DE ENSAYO
Demanda Bioquímica de Oxígeno	ME-98 Examination of the water and wastewater.
Demanda química de oxígeno	ME-98 Examination of the water and wastewater

MSc. Chavarria Márquez Esmila
CIP N°191752
Responsable de Laboratorio M.A.
RCJ LABS UNIVERSAL

Figura 39

Reporte de Análisis DQO del Ensayo de Jarras N°1



SERVICIO ANALISIS DE MINERALES,
SUELO AGRICOLA Y MEDIO AMBIENTE

REPORTE DE ANALISIS

Pag: 1 - 2

Análisis Solicitado por : JANAMPA CHOQUE, Yulisa y QUIROZ QUISPE, Mari Luz

Tipo de muestra : Muestras de Aguas Rio Ichu

Fecha de recepción : 15 / 10 /2020

Fecha de inicio : 15 / 10 /2020

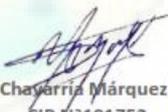
Fecha de finalización : 15 / 10 /2020

Tipo de ensayo : Instrumentación – Clásico

ID.MUESTRA LABORATORIO	ID. MUESTRAS CLIENTE	PARAMETRO	FECHA	MUESTRA INICIAL (mg/l)	MUESTRA FINAL (mg/l)
MA-20/00077	Al ₂ (SO ₄) ₃ 20 ppm	Demanda Química de oxígeno (DQO) mg/L	15/10/2020	350	180
MA-20/00078	Al ₂ (SO ₄) ₃ 40 ppm	Demanda Química de oxígeno (DQO) mg/L	15/10/2020	350	172
MA-20/00079	Al ₂ (SO ₄) ₃ 60 ppm	Demanda Química de oxígeno (DQO) mg/L	15/10/2020	350	158
MA-20/00080	Al ₂ (SO ₄) ₃ 80 ppm	Demanda Química de oxígeno (DQO) mg/L	15/10/2020	350	145
MA-20/00081	Al ₂ (SO ₄) ₃ 100 ppm	Demanda Química de oxígeno (DQO) mg/L	15/10/2020	350	130
MA-20/00082	Al ₂ (SO ₄) ₃ 120 ppm	Demanda Química de oxígeno (DQO) mg/L	15/10/2020	350	118

PARAMETROS DE ACUERDO A NORMAS:

PARÁMETROS	MÉTODOS DE ENSAYO
Demanda Bioquímica de Oxígeno	ME-98 Examination of the water and wastewater.
Demanda química de oxígeno	ME-98 Examination of the water and wastewater


MSc. Chazarría Márquez Esmila
CIP N°191752
Responsable de Laboratorio M.A.
RCJ LABS UNIVERSAL

RCJ LABS UNIVERSAL

Figura 40

Reporte de Análisis DBO5 del Ensayo de Jarras N°2

REPORTE DE ANALISIS

Pag: 1 - 1

Análisis Solicitado por : JANAMPA CHOQUE, Yulisa y QUIROZ QUISPE, Mari Luz

Tipo de muestra : Muestras de Aguas Rio Ichu

Fecha de recepción : 30 / 10 /2020

Fecha de inicio : 30 / 10 /2020

Fecha de finalización : 30 / 10 /2020

Tipo de ensayo : Instrumentación – Clásico

ID.MUESTRA LABORATORIO	ID. MUESTRAS CLIENTE	PARAMETRO	FECHA	MUESTRA INICIAL (mg/l)	MUESTRA FINAL (mg/l)
MA-19/00112	Al ₂ (SO ₄) ₃ 20 ppm	Bioquímica de Oxígeno DBO ₅ mg/L	30/10/2020	255	132
MA-19/00113	Al ₂ (SO ₄) ₃ 40 ppm	Bioquímica de Oxígeno DBO ₅ mg/L	30/10/2020	255	115
MA-19/00114	Al ₂ (SO ₄) ₃ 60 ppm	Bioquímica de Oxígeno DBO ₅ mg/L	30/10/2020	255	107
MA-19/00115	Al ₂ (SO ₄) ₃ 80 ppm	Bioquímica de Oxígeno DBO ₅ mg/L	30/10/2020	255	96
MA-19/00116	Al ₂ (SO ₄) ₃ 100 ppm	Bioquímica de Oxígeno DBO ₅ mg/L	30/10/2020	255	83
MA-19/00117	Al ₂ (SO ₄) ₃ 120 ppm	Bioquímica de Oxígeno DBO ₅ mg/L	30/10/2020	255	67

PARAMETROS DE ACUERDO A NORMAS:

PARÁMETROS	MÉTODOS DE ENSAYO
Demanda Bioquímica de Oxígeno	ME-98 Examination of the water and wastewater.
Demanda química de oxígeno	ME-98 Examination of the water and wastewater


MSc. Chavarría Márquez Esmila
CIP N°191752
Responsable de Laboratorio M.A.
RCJ LABS UNIVERSAL

Figura 41

Reporte de Análisis DQO del Ensayo de Jarras N°2



SERVICIO ANALISIS DE MINERALES,
SUELO AGRICOLA Y MEDIO AMBIENTE

REPORTE DE ANALISIS

Pag: 1 - 2

Análisis Solicitado por : JANAMPA CHOQUE, Yulisa y QUIROZ QUISPE, Mari Luz

Tipo de muestra : Muestras de Aguas Rio Ichu

Fecha de recepción : 30 / 10 /2020

Fecha de inicio : 30 / 10 /2020

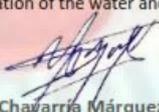
Fecha de finalización : 30 / 10 /2020

Tipo de ensayo : Instrumentación – Clásico

ID.MUESTRA LABORATORIO	ID. MUESTRAS CLIENTE	PARAMETRO	FECHA	MUESTRA INICIAL (mg/l)	MUESTRA FINAL (mg/l)
MA-20/00130	Al ₂ (SO ₄) ₃ 20 ppm	Demanda Química de oxígeno (DQO) mg/L	30/10/2020	358	185
MA-20/00131	Al ₂ (SO ₄) ₃ 40 ppm	Demanda Química de oxígeno (DQO) mg/L	30/10/2020	358	175
MA-20/00132	Al ₂ (SO ₄) ₃ 60 ppm	Demanda Química de oxígeno (DQO) mg/L	30/10/2020	358	160
MA-20/00133	Al ₂ (SO ₄) ₃ 80 ppm	Demanda Química de oxígeno (DQO) mg/L	30/10/2020	358	148
MA-20/00134	Al ₂ (SO ₄) ₃ 100 ppm	Demanda Química de oxígeno (DQO) mg/L	30/10/2020	358	133
MA-20/00135	Al ₂ (SO ₄) ₃ 120 ppm	Demanda Química de oxígeno (DQO) mg/L	30/10/2020	358	120

PARAMETROS DE ACUERDO A NORMAS:

PARÁMETROS	MÉTODOS DE ENSAYO
Demanda Bioquímica de Oxígeno	ME-98 Examination of the water and wastewater.
Demanda química de oxígeno	ME-98 Examination of the water and wastewater


MSc. Chavarria Márquez Esmila
CIP N°191752
Responsable de Laboratorio M.A.
RCJ LABS UNIVERSAL

RCJ LABS UNIVERSAL

Figura 42

Reporte de Análisis DBO5 del Ensayo de Jarras N°3



SERVICIO ANALISIS DE MINERALES,
SUELO AGRICOLA Y MEDIO AMBIENTE

REPORTE DE ANALISIS

Pag: 1 - 1

Análisis Solicitado por : JANAMPA CHOQUE, Yulisa y QUIROZ QUISPE, Mari Luz
Tipo de muestra : Muestras de Aguas Rio Ichu
Fecha de recepción : 15 / 11 /2020
Fecha de inicio : 15 / 11 /2020
Fecha de finalización : 15 / 11 /2020
Tipo de ensayo : Instrumentación – Clásico

ID.MUESTRA LABORATORIO	ID. MUESTRAS CLIENTE	PARAMETRO	FECHA	MUESTRA INICIAL (mg/l)	MUESTRA FINAL (mg/l)
MA-19/00254	Al ₂ (SO ₄) ₃ 20 ppm	Bioquímica de Oxígeno DBO ₅ mg/L	15/11/2020	258	135
MA-19/00255	Al ₂ (SO ₄) ₃ 40 ppm	Bioquímica de Oxígeno DBO ₅ mg/L	15/11/2020	258	120
MA-19/00256	Al ₂ (SO ₄) ₃ 60 ppm	Bioquímica de Oxígeno DBO ₅ mg/L	15/11/2020	258	110
MA-19/00257	Al ₂ (SO ₄) ₃ 80 ppm	Bioquímica de Oxígeno DBO ₅ mg/L	15/11/2020	258	98
MA-19/00258	Al ₂ (SO ₄) ₃ 100 ppm	Bioquímica de Oxígeno DBO ₅ mg/L	15/11/2020	258	83
MA-19/00259	Al ₂ (SO ₄) ₃ 120 ppm	Bioquímica de Oxígeno DBO ₅ mg/L	15/11/2020	258	68

PARAMETROS DE ACUERDO A NORMAS:

PARÁMETROS	MÉTODOS DE ENSAYO
Demanda Bioquímica de Oxígeno	ME-98 Examination of the water and wastewater.
Demanda química de oxígeno	ME-98 Examination of the water and wastewater

MSc. Chavarria Márquez Esmila
CIP N°191752
Responsable de Laboratorio M.A.
RCJ LABS UNIVERSAL

Figura 43

Reporte de Análisis DQO del Ensayo de Jarras N°3



SERVICIO ANALISIS DE MINERALES,
SUELO AGRICOLA Y MEDIO AMBIENTE

REPORTE DE ANALISIS

Pag: 1 - 2

Análisis Solicitado por : JANAMPA CHOQUE, Yulisa y QUIROZ QUISPE, Mari Luz

Tipo de muestra : Muestras de Aguas Rio Ichu

Fecha de recepción : 15 / 11 /2020

Fecha de inicio : 15 / 11 /2020

Fecha de finalización : 15 / 11 /2020

Tipo de ensayo : Instrumentación – Clásico

ID.MUESTRA LABORATORIO	ID. MUESTRAS CLIENTE	PARAMETRO	FECHA	MUESTRA INICIAL (mg/l)	MUESTRA FINAL (mg/l)
MA-20/00270	Al ₂ (SO ₄) ₃ 20 ppm	Demanda Química de oxígeno (DQO) mg/L	15/11/2020	362	187
MA-20/00271	Al ₂ (SO ₄) ₃ 40 ppm	Demanda Química de oxígeno (DQO) mg/L	15/11/2020	362	174
MA-20/00272	Al ₂ (SO ₄) ₃ 60 ppm	Demanda Química de oxígeno (DQO) mg/L	15/11/2020	362	163
MA-20/00273	Al ₂ (SO ₄) ₃ 80 ppm	Demanda Química de oxígeno (DQO) mg/L	15/11/2020	362	151
MA-20/00274	Al ₂ (SO ₄) ₃ 100 ppm	Demanda Química de oxígeno (DQO) mg/L	15/11/2020	362	136
MA-20/00275	Al ₂ (SO ₄) ₃ 120 ppm	Demanda Química de oxígeno (DQO) mg/L	15/11/2020	362	123

PARAMETROS DE ACUERDO A NORMAS:

PARÁMETROS

Demanda Bioquímica de Oxígeno

Demanda química de oxígeno

MÉTODOS DE ENSAYO

ME-98 Examination of the water and wastewater.

ME-98 Examination of the water and wastewater

MSc. Chayarría Márquez Esmila

CIP N°191752

Responsable de Laboratorio M.A.

RCJ LABS UNIVERSAL

RCJ LABS UNIVERSAL

ANOVA Y PRUEBA DE TUCKEY REMOCION

```
DATA JANAMPA QUIROZ;  
INPUT DOSIS $ REPET REMOCION;  
CARDS;
```

20	1	44.93
40	2	49.78
60	3	51.98
80	4	69.96
100	5	71.32
120	6	68.50
20	1	41.85
40	2	47.14
60	3	51.10
80	4	64.36
100	5	68.87
120	6	73.13
20	1	42.73
40	2	48.90
60	3	51.54
80	4	68.94
100	5	70.22
120	6	71.85

```
PROC ANOVA DATA = JANAMPA QUIROZ;  
CLASS DOSIS;  
MODEL REMOCION = DOSIS;  
RUN;
```

ANOVA Y PRUEBA DE TUCKEY TEMPERATURA

```
DATA JANAMPA QUIROZ;  
INPUT DOSIS $ REPET REMOCION;  
CARDS;
```

20	1	14
40	2	13.9
60	3	13.8
80	4	14
100	5	13.7
120	6	14.1
20	1	13.5
40	2	13.6
60	3	14
80	4	13.2
100	5	13.2
120	6	13.8
20	1	13.8
40	2	13.8
60	3	13.9
80	4	13.5
100	5	13.5
120	6	14

```
PROC ANOVA DATA = JANAMPA QUIROZ;  
CLASS DOSIS;  
MODEL REMOCION = DOSIS;  
RUN;
```

ANOVA Y PRUEBA DE TUCKEY PH

DATA JANAMPA QUIROZ;
INPUT DOSIS \$ REPET PH;
CARDS;

20	1	7.77
40	2	7.77
60	3	7.64
80	4	7.72
100	5	7.76
120	6	7.75
20	1	7.57
40	2	7.44
60	3	7.53
80	4	7.41
100	5	7.75
120	6	7.69
20	1	7.57
40	2	7.44
60	3	7.23
80	4	7.74
100	5	7.73
120	6	7.72

PROC ANOVA DATA = JANAMPA QUIROZ;
CLASS DOSIS;
MODEL PH = DOSIS;
RUN;

ANOVA Y PRUEBA DE TUCKEY TURBIEDAD

DATA JANAMPA QUIROZ;
INPUT DOSIS \$ REPET TURBIEDAD;
CARDS;

20	1	125
40	2	114
60	3	109
80	4	68.2
100	5	65.1
120	6	71.5
20	1	132
40	2	120
60	3	111
80	4	80.9
100	5	70.67
120	6	60.99
20	1	130
40	2	116
60	3	110
80	4	70.5
100	5	67.6
120	6	63.89

PROC ANOVA DATA = JANAMPA QUIROZ;
CLASS DOSIS;
MODEL TURBIEDAD = DOSIS;
RUN;

ANOVA Y PRUEBA DE TUCKEY DBO

```

DATA JANAMPA QUIROZ;
INPUT DOSIS $ REPET REMOCION_DBO;
CARDS;

```

20	1	48.00
40	2	52.80
60	3	58.00
80	4	62.00
100	5	68.00
120	6	74.00
20	1	48.24
40	2	54.90
60	3	58.04
80	4	62.35
100	5	67.45
120	6	73.73
20	1	47.67
40	2	53.49
60	3	57.36
80	4	62.02
100	5	67.83
120	6	73.64

```

PROC ANOVA DATA = JANAMPA QUIROZ;
CLASS DOSIS;
MODEL REMOCION_DBO = DOSIS;
RUN;

```

ANOVA Y PRUEBA DE TUCKEY DQO

```

DATA JANAMPA QUIROZ;
INPUT DOSIS $ REPET REMOCION_DQO;
CARDS;

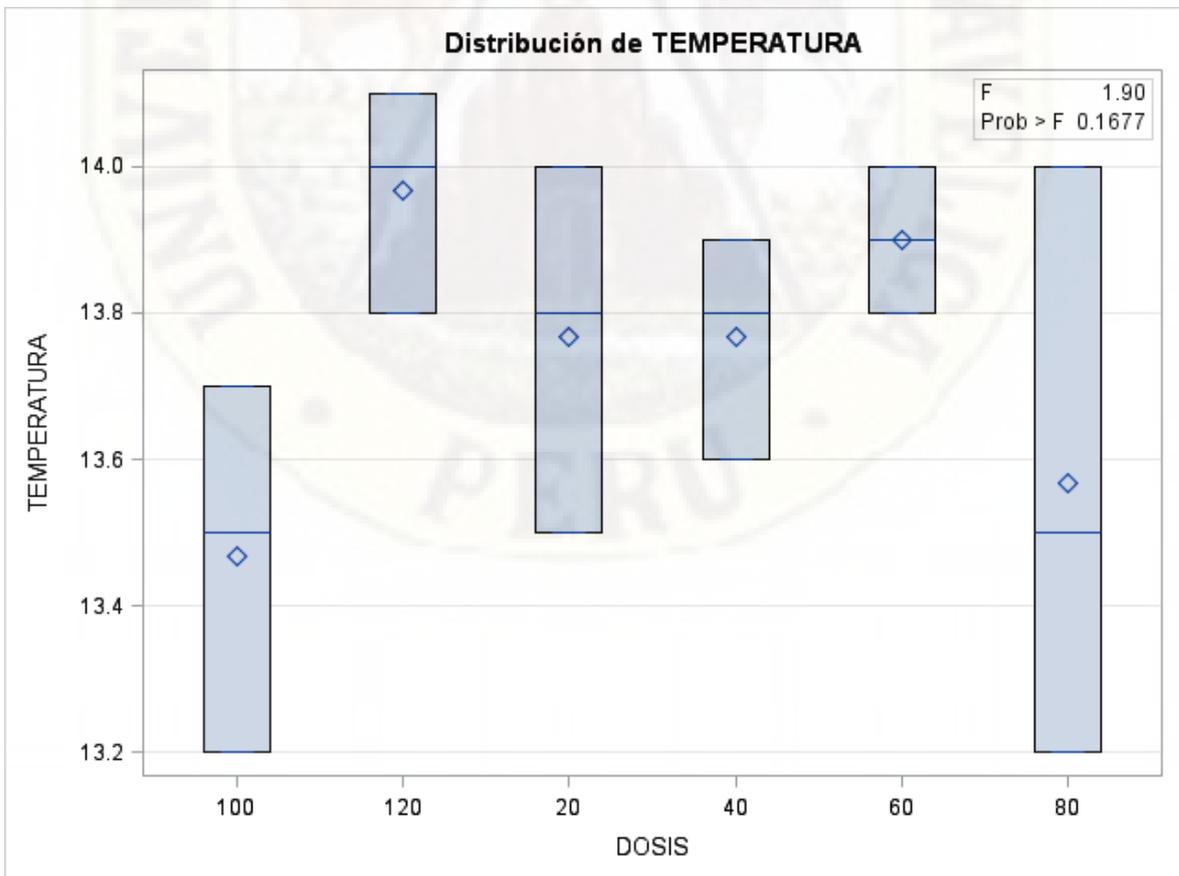
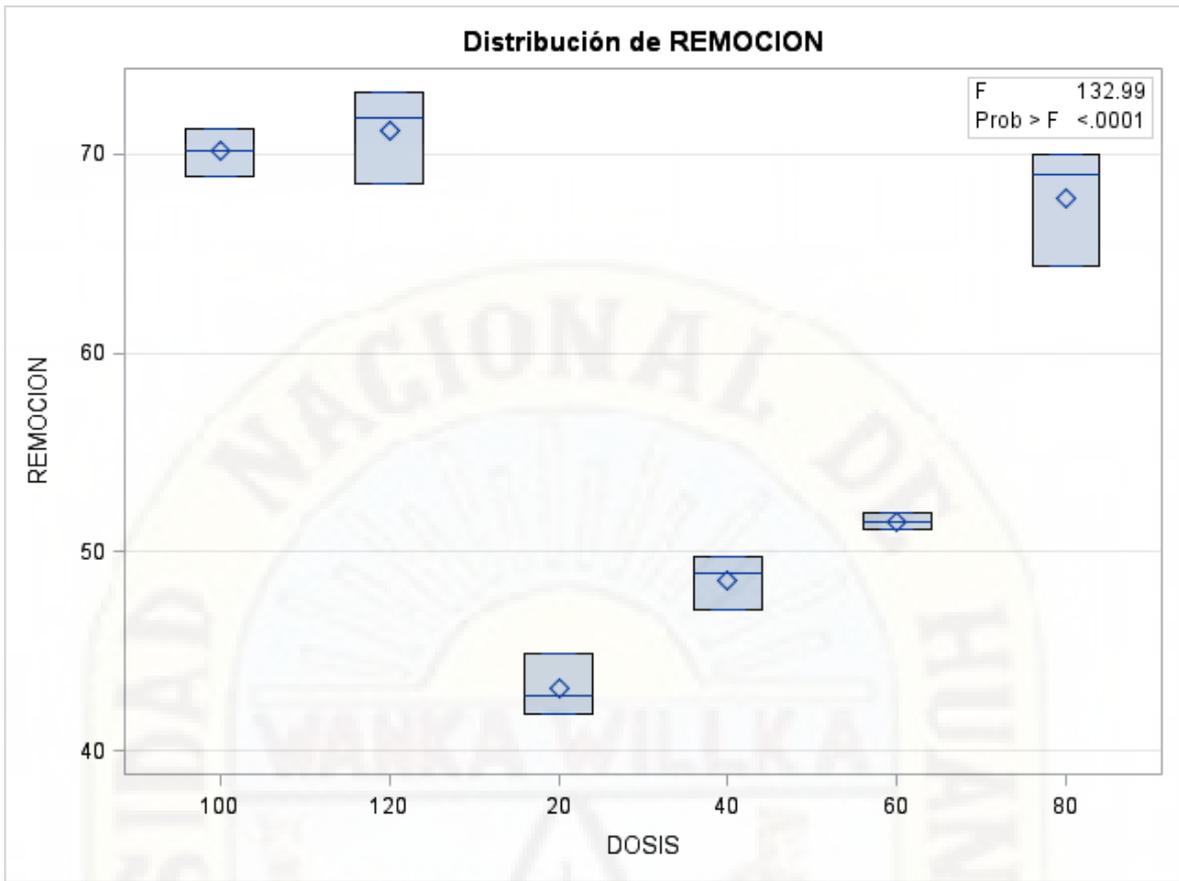
```

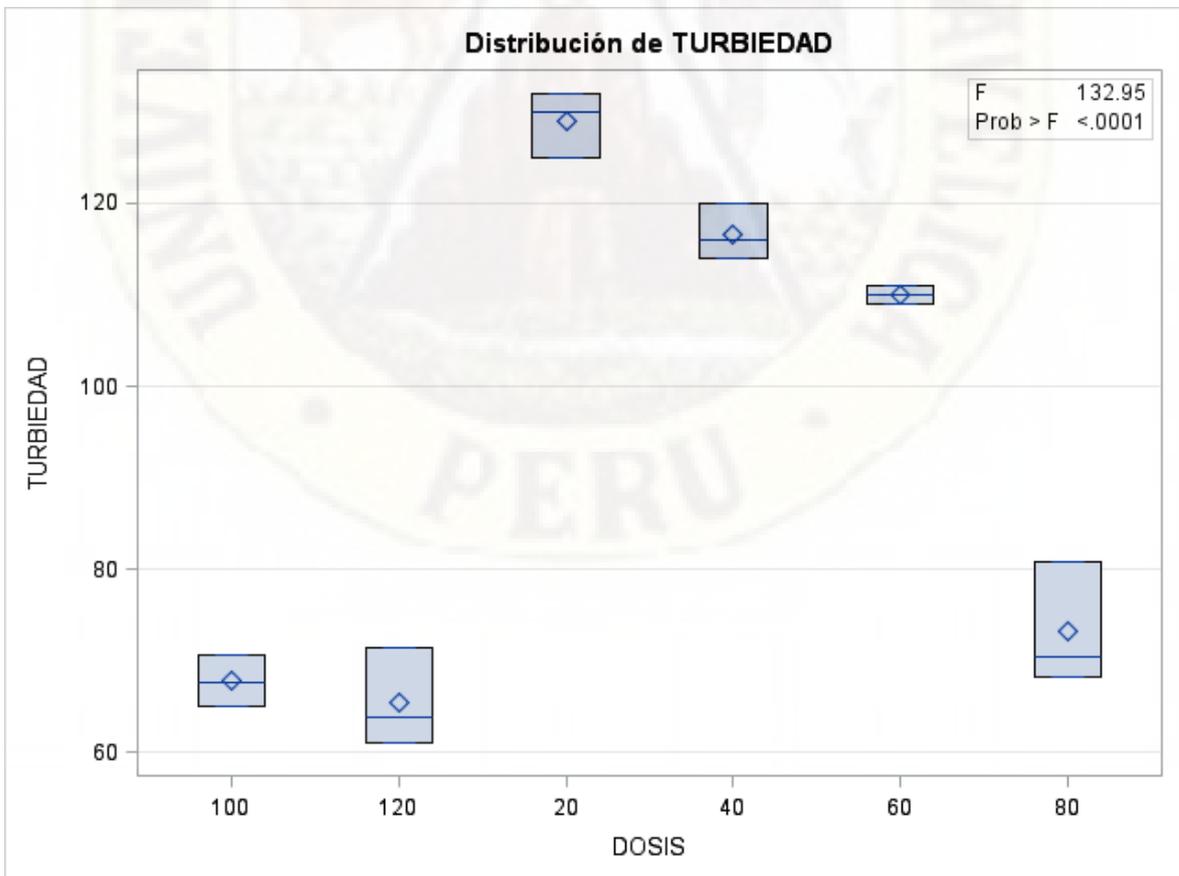
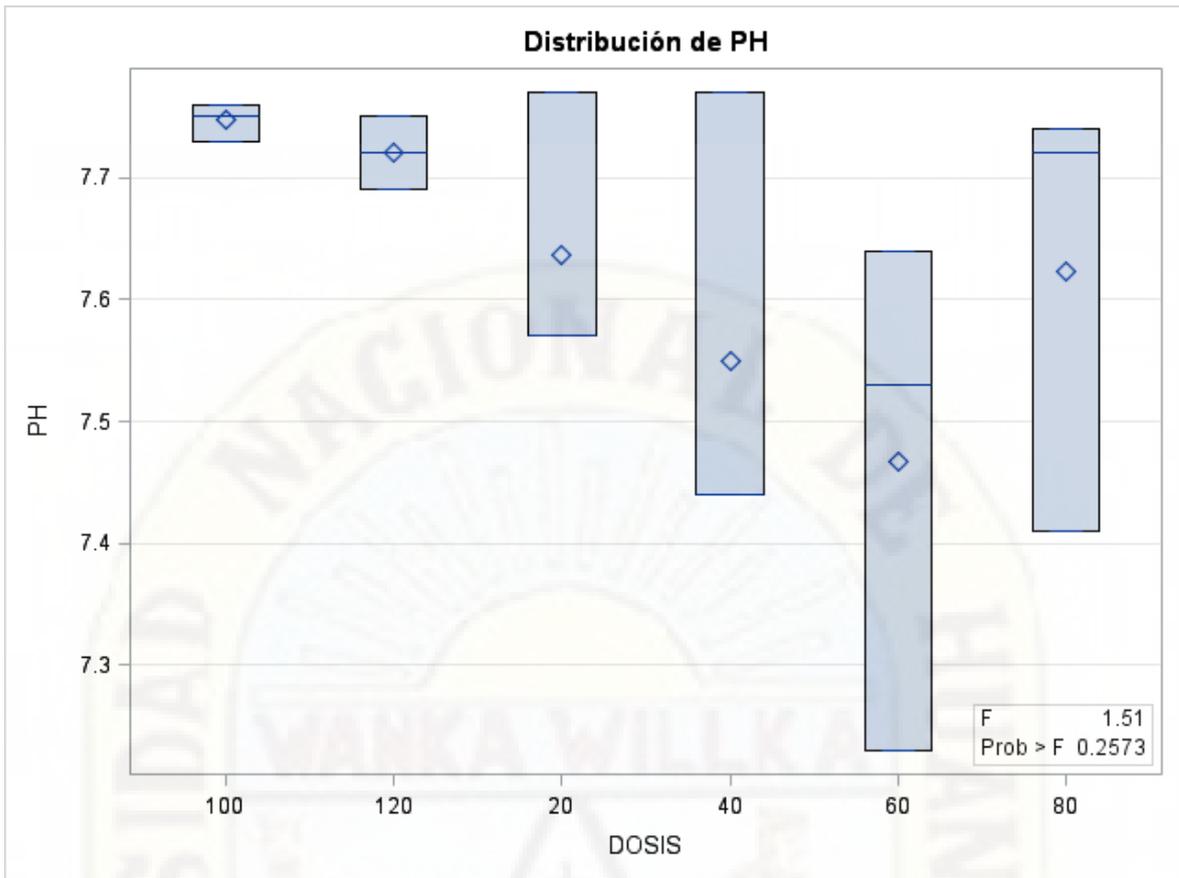
20	1	48.57
40	2	50.86
60	3	54.86
80	4	58.57
100	5	62.86
120	6	66.29
20	1	48.32
40	2	51.12
60	3	55.31
80	4	58.66
100	5	62.85
120	6	66.48
20	1	48.34
40	2	51.93
60	3	54.97
80	4	58.29
100	5	62.43
120	6	66.02

```

PROC ANOVA DATA = JANAMPA QUIROZ;
CLASS DOSIS;
MODEL REMOCION_DQO = DOSIS;
RUN;

```





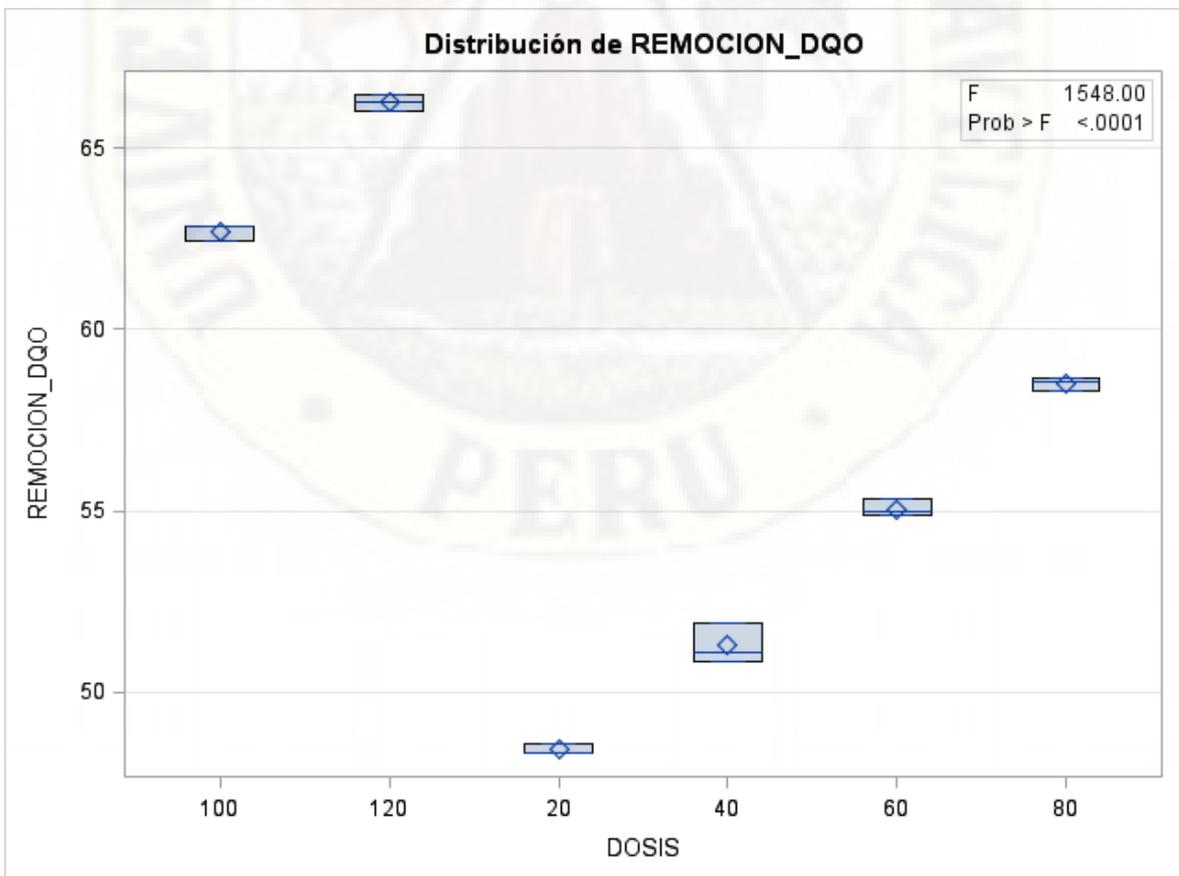
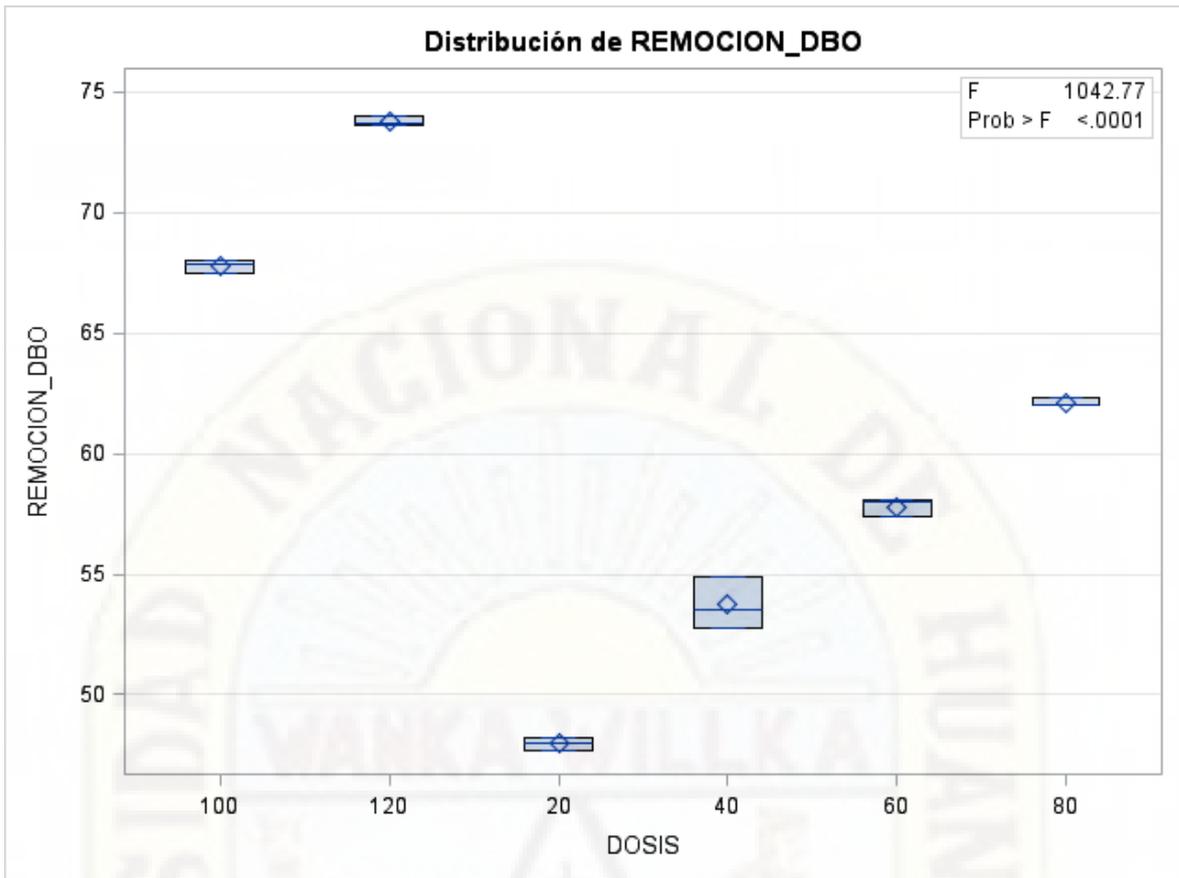


Tabla 36*Requisitos para Toma de Muestra de Agua Residual*

Determinación/ Parámetro	Recipiente	Volumen mínimo de muestra (1)	Preservación y concentración	Tiempo máximo de duración
Fisicoquímico				
Temperatura	P, V	1000 mL	No es posible	15 min
pH (2)		50 mL	No es posible	15 min
DBO ₅ (3)	P, V	1000 mL	Refrigerar a 4°C	48 horas
DQO (3)	P, V	100 mL	Analizar lo más pronto posible, o agregar H ₂ SO ₄ hasta pH<2; refrigerar a 4°C	28 días
Aceites y grasas	V, ámbar boca ancha calibrado	1000 mL	Agregar HCl hasta pH<2, refrigerar a 4°C	28 días
Sólidos suspendidos Totales (SST)	P, V	100 mL	Refrigerar a 4°C	7 días
Microbiológico				
Coliformes Termotolerantes (NMP)	V, esterilizado	250 mL	Refrigerar a 4°C Agregar tiosulfato en plantas con cloración	6 horas

Fuente: (Ministerio de Vivienda, 2013)

Figura 44

Hoja de campo para muestreo

Hoja de campo para ensayo 01

Lugar denominado Agua de Vichi				
Afluente				
Denominación del punto de monitoreo:				
Fecha	Hora	pH	Temperatura	Caudal Afluente
15/10/2020	8:00 a.m	7.78	15	8.00 l/s
Eventuales observaciones al punto de monitoreo				
Características del agua residual				
Color, olor, Turbiedad, etc				

Hoja de campo para ensayo 02

Proveniente del barrio Santa ana - Agua de Vichi				
AFLUENTE				
Denominación del punto de monitoreo:				
Fecha	Hora	pH	Temperatura	Caudal Afluente
30/10/2020	10:00 a.m	7.77	14.7	8:40 l/s
Eventuales observaciones al punto de monitoreo				
Características del agua residual				
olor, color. Turbiedad, etc.				

Hoja de campo para ensayo 03

Proveniente del barrio Santa ana - Agua de Vichi				
Afluente				
Denominación del punto de monitoreo:				
Fecha	Hora	pH	Temperatura	Caudal Afluente
15/11/2020	12:20 p.m	7.79	15.5	10 l/s
Eventuales observaciones al punto de monitoreo				
Características del agua residual				
Turbiedad, color, olor, etc				

Fuente: Elaboración propia

Figura 45

Etiqueta para muestras de agua residual

Etiqueta para muestras de agua residual

Denominación del punto de monitoreo Afluente: Proveniente del Barrio Santa ana- Agua de Vichi	
No. de muestra (orden de toma de muestra)	1
Fecha y hora	15/10/20 10:30 a.m
Ensayo físico químico	DBO DQO AyG SST
Ensayo microbiológico	CTT
Otros parámetros	
Otros parámetros	
Preservación	Ninguna
Operador del muestreo	Yolisa Janampa Chague y Mari Luz Quiroz Quispe

Etiqueta para muestras de agua residual

Denominación del punto de monitoreo Afluente: Proveniente del Barrio Santa ana- Agua de Vichi	
No. de muestra (orden de toma de muestra)	2
Fecha y hora	15/10/20 10:32 a.m
Ensayo físico químico	DBO DQO AyG SST
Ensayo microbiológico	CTT
Otros parámetros	
Otros parámetros	
Preservación	Ninguna
Operador del muestreo	Yolisa Janampa Chague y Mari Luz Quiroz Quispe

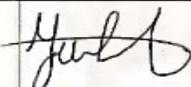
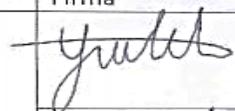
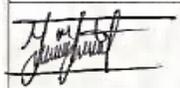
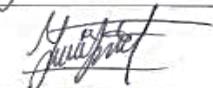
Fuente: Fuente: Elaboración propia

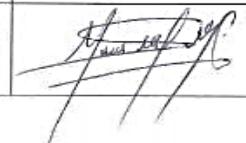
Figura 46

Registro de cadena de custodia

Cadena de custodia

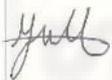
Zona de muestreo(Primer Ensayo de Prueba de Jarras): <u>Proveniente del Barrio Santa ana - Agua de Vichi</u>														
N°	Afluente	Fecha	Hora de toma muestra	Tipo de frasco	Volumen	Reactivos preservación	Parámetro a ser medido							Obs.
							AyG	DBO	DQO	SST	CCT	pH	T°	
1	B1J1	15/10/20	10:30 a.m	P	1000ml	—	—	X	X	—	—	—	—	—
2	B1J2	15/10/20	10:32 a.m	P	1000ml	—	—	X	X	—	—	—	—	—
3	B1J3	15/10/20	10:34 a.m	P	1000ml	—	—	X	X	—	—	—	—	—
4	B1J4	15/10/20	10:36 a.m	P	1000ml	—	—	X	X	—	—	—	—	—
5	B1J5	15/10/20	10:38 a.m	P	1000ml	—	—	X	X	—	—	—	—	—
6	B1J6	15/10/20	10:40 a.m	P	1000ml	—	—	X	X	—	—	—	—	—

Operador del muestreo			Custodia de la muestra		
Nombres y apellidos	Institución	Firma	Nombres y apellidos	Institución	Firma
Yulisa Janampa Choque	Para Tesis		Yulisa Janampa Choque	Para Tesis	
Mari Luz Quiroz Quiroa			Mari Luz Quiroz Quiroa		

Recepción de laboratorio		
Nombres y apellidos	Institución	Firma
Esmila Chavarria Márquez	RCS LABS UNIVERSAL	

Cadena de custodia

Zona de muestreo (Tercer ensayo de Prueba de Jarras): Proveniente del Barrio Santa Ana -- Agua de Vichi														
N°	Afluente	Fecha	Hora de toma muestra	Tipo de frasco	Volumen	Reactivos preservación	Parámetro a ser medido							Obs.
							AyG	DBO	DQO	SST	CCT	pH	T°	
1	B351	15/11/20	2:00 p.m	P	1000 ml	—	—	X	X	—	—	—	—	—
2	B352	15/11/20	2:05 p.m	P	1000 ml	—	—	X	X	—	—	—	—	—
3	B353	15/11/20	2:10 p.m	P	1000 ml	—	—	X	X	—	—	—	—	—
4	B354	15/11/20	2:12 p.m	P	1000 ml	—	—	X	X	—	—	—	—	—
5	B355	15/11/20	2:15 p.m	P	1000 ml	—	—	X	X	—	—	—	—	—
6	B356	15/11/20	2:18 p.m	P	1000 ml	—	—	X	X	—	—	—	—	—

Operador del muestreo			Custodia de la muestra		
Nombres y apellidos	Institución	Firma	Nombres y apellidos	Institución	Firma
Yulisa Janampa Choque	Para		Yulisa Janampa Choque	Para	
Mari loz Quiroz Quispe	Tesis		Mari loz Quiroz Quispe	Tesis	

Recepción de laboratorio		
Nombres y apellidos	Institución	Firma
Esmila Chavarria Márquez	RCJ LABS UNIVERSAL	

Cadena de custodia

Zona de muestreo (Primer ensayo de Prueba de Jarras): <i>Proveniente del Barrio Santa ana - Agua de vichi</i>														
N°	Afluente	Fecha	Hora de toma muestra	Tipo de frasco	Volumen (L)	Reactivos preservación	Parámetro a ser medido							Obs.
							A y G	DBO	DQO	SST	CCT	pH	T°	
1	B1B1	15/10/20	8:00 a.m	Baldep	10	—	—	—	—	—	—	X	X	—
2	B1B2	15/10/20	8:00 a.m	Baldep	10	—	—	—	—	—	X	X	—	
3														
4														
5														
6														

Operador del muestreo			Custodia de la muestra		
Nombres y apellidos	Institución	Firma	Nombres y apellidos	Institución	Firma
<i>Yulisa Janampa Choque</i>	<i>Para</i>	<i>[Firma]</i>	<i>Yulisa Janampa Choque</i>	<i>Para</i>	<i>[Firma]</i>
<i>Moni Luz Quiroz Quispe</i>	<i>Zesis</i>	<i>[Firma]</i>	<i>Moni Luz Quiroz Quispe</i>	<i>Zesis</i>	<i>[Firma]</i>

Recepción de laboratorio		
Nombres y apellidos	Institución	Firma
<i>Iny Cesar Augusto Roca Vilchez</i>	<i>Laboratorio Empresa Municipal de agua potable y alcantarillado - Huancavelica</i>	<i>[Firma]</i>

Cadena de custodia

Zona de muestreo (Tercer ensayo de Prueba de Jarras): <u>Proveniente del Borno Santa Ana - Agua de Vichy</u>														
N°	Afluente	Fecha	Hora de toma muestra	Tipo de frasco	Volumen (L)	Reactivos preservación	Parámetro a ser medido							Obs.
							A y G	DBO	DQO	SST	CCT	pH	T°	
1	B3B1	15/11/20	12:20 p.m	B.P	10 L	—	—	—	—	—	—	X	X	—
2	B3B2	15/11/20	12:20 p.m	B.P	10 L	—	—	—	—	—	—	X	X	—
3														
4														
5														
6														

Operador del muestreo			Custodia de la muestra		
Nombres y apellidos	Institución	Firma	Nombres y apellidos	Institución	Firma
Yulisa Janampa Choque	Para		Yulisa Janampa Choque	Para	
Mari Luz Quroz Quispe	FESIS		Mari Luz Quroz Quispe	FESIS	

Recepción de laboratorio		
Nombres y apellidos	Institución	Firma
Ing. Cesar Augusto Roca Vilchez	Laboratorio Empresa Municipal de agua potable y acantallado Huancaavelica	

Cadena de custodia

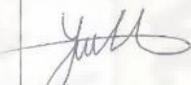
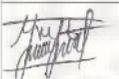
Zona de muestreo (Segundo ensayo de Prueba de Jarras): Proveniente del Barrio Santa ana — Agua de Uche														
N°	Afluente	Fecha	Hora de toma muestra	Tipo de frasco	Volumen (L)	Reactivos preservación	Parámetro a ser medido							Obs.
							A y G	DBO	DQO	SST	CCT	pH	T°	
1	B2 B1	30/10/20	10:00 a.m	B.p	10L	—	—	—	—	—	X	X	—	
2	B2 B2	30/10/20	10:00 a.m	B.p	10L	—	—	—	—	—	X	X	—	
3														
4														
5														
6														

Operador del muestreo			Custodia de la muestra		
Nombres y apellidos	Institución	Firma	Nombres y apellidos	Institución	Firma
Yolisa Janampa Choque	Para Zesis		Yolisa Janampa Choque	Para Zesis	
Mari Luz Quiroz Quispe	Zesis		Mari Luz Quiroz Quispe	Zesis	

Recepción de laboratorio		
Nombres y apellidos	Institución	Firma
Ing Cesar Augusto Roca Viquez	Laboratorio Empresa Municipal de agua potable y alcantarillado - Huancavelica	

Cadena de custodia

Zona de muestreo (Segundo Ensayo de Prueba de Jarras): Proveniente del Baño Santa Ana — Agua de Vichi														
N°	Afluente	Fecha	Hora de toma muestra	Tipo de frasco	Volumen	Reactivos preservación	Parámetro a ser medido						Obs.	
							Ay G	DBO	DQO	SST	CCT	pH		T°
1	B2J1	30/10/20	7:30 p.m.	P	1000ml	—	—	X	X	—	—	—	—	—
2	B2J2	30/10/20	1:35 p.m.	P	1000ml	—	—	X	X	—	—	—	—	—
3	B2J3	30/10/20	1:40 p.m.	P	1000ml	—	—	X	X	—	—	—	—	—
4	B2J4	30/10/20	1:45 p.m.	P	1000ml	—	—	X	X	—	—	—	—	—
5	B2J5	30/10/20	1:50 p.m.	P	1000ml	—	—	X	X	—	—	—	—	—
6	B2J6	30/10/20	1:55 p.m.	P	1000ml	—	—	X	X	—	—	—	—	—

Operador del muestreo			Custodia de la muestra		
Nombres y apellidos	Institución	Firma	Nombres y apellidos	Institución	Firma
Yulisa Sanampa Choque	Para		Yulisa Sanampa Choque	Para	
Mari Luz Quiroz Quispe	Zesis		Mari Luz Quiroz Quispe	Zesis	

Recepción de laboratorio		
Nombres y apellidos	Institución	Firma
Esmila Chavarria Márquez	RCS LABS UNIVERSAL	

Fuente: Elaboración propia