

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO**



**Facultad de Ingeniería**

**Carrera profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL Y  
PREVENCION DE RIESGOS**

**Efecto de la remoción de los sólidos suspendidos totales en función de la  
concentración de floculante y tiempo de floculación de las aguas residuales del  
río San Lucas - Cajamarca, 2020**

**Bachilleres:**

**Chilón Chilón Tamara Yoselin**

**Cieza de la Cruz Luis Jefferson**

**Asesor**

**Ing. Mg. Gary Christiam Farfán Chilicaus**

**Cajamarca – Perú**

**2020**

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO**



**Facultad de Ingeniería**

**Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos**

**Efecto de la remoción de los sólidos suspendidos totales en función de la concentración de floculante y tiempo de floculación de las aguas residuales del río San Lucas - Cajamarca, 2020**

**Tesis presentada en cumplimiento parcial de los requerimientos para optar el Título Profesional de Licenciado en Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos**

**Bachilleres:**

**Chilón Chilón Tamara Yoselin**

**Cieza de la Cruz Luis Jefferson**

**Asesor:**

**Ing. Mg. Gary Christiam Farfán Chilicaus**

**Cajamarca – Perú**

**2020**

**COPYRIGHT © 2020 by**

**TAMARA YOSSELIN CHILÓN CHILÓN**

**LUIS JEFFERSON CIEZA DE LA CRUZ**

**Todos los derechos reservados**

***UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO***

***FACULTAD DE INGENIERÍA***

**APROBACIÓN DE TESIS PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL**

**Efecto de la remoción de los sólidos suspendidos totales en función de la concentración de floculante y tiempo de floculación de las aguas residuales del río San Lucas - Cajamarca, 2020**

**Presidente:** \_\_\_\_\_

**Secretario:** \_\_\_\_\_

**Vocal:** \_\_\_\_\_

## **Dedicatoria**

A mi madre, que es pilar fundamental en mi vida que con su tenacidad y lucha insaciable han hecho de ellos el gran ejemplo de seguir y destacar no solo para mí, sino para mis hermanos y familia en general.

A mis hijos, en especial a mi abuelita que desde el cielo guía mis pasos y me motiva para seguir adelante.

***Tamara Yoselin Chilón Chilón.***

A mis padres por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, apoyándome en todo momento, depositando su entera confianza en cada reto que se me presenta, también por inculcar en mí el ejemplo de valentía para no temer a las adversidades porque Dios siempre está conmigo.

A mis hermanas, por su apoyo, cariño y por estar en los momentos más importantes de mi vida.

***Luis Jefferson Cieza de la Cruz.***

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a Dios por bendecirnos en todo momento, guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a nuestros padres por ser pilares fundamentales, creer en nosotros, apoyarnos en todo momento, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado.

Agradecemos de una forma especial a nuestro asesor de tesis al Mg. Gary Christiam Farfán Chilicaus quien con su experiencia, conocimientos y motivación nos orientó en la ejecución de este proyecto de investigación.

**Tamara Yoselin Chilón Chilón**

**Luis Jefferson Cieza De La Cruz**

## RESUMEN

Este trabajo titulado “Efecto de la remoción de los sólidos suspendidos totales en función de la concentración de floculante y tiempo de floculación de las aguas residuales del río San Lucas - Cajamarca 2020. En el presente trabajo se realizó como objetivo determinar cuál es el efecto de proceso de coagulación - floculación para la remoción de los sólidos suspendidos totales de la muestra tomada del río San Lucas. Los procesos de coagulación y floculación permiten la remoción de partículas suspendidas y coloidales, A partir de los resultados de investigación se verificó que el efecto significativo de la proporción la frecuencia es de (0.415303552) es menor que el valor crítico que es (2.510157895), también se verificó que la proporción en los niveles evaluados no es una influencia según la evaluación de efectos principales y el análisis de varianza es 87.49%, Respecto al tiempo en el caso de la concentración de floculante y los sólidos suspendidos totales no existe un efecto significativo, a diferencia del tiempo de formación del floculante es mucho más rápido que el coagulante químico estudiado, por otro lado, el pH fue 4.5 y la temperatura fue 17°C. En nuestro proyecto analizamos el test de jarras teniendo en cuenta los solidos totales y el tiempo de floculación ya que aumento según los minutos, ya que en 60 minutos dio como resultado un 19.89 %. Se concluyó que uno de los problemas mas críticos que enfrenta la ciudad de Cajamarca es de los que se encuentra altamente contaminada por la emisión de desechos de desagüe, residuos sólidos, materia orgánica e inorgánica, ya que se comprobó la efectividad en las aguas residuales de los coagulantes y floculantes que existen en el rio San Lucas –Cajamarca.

**Palabras Claves:** Floculante, remoción

## Abstract

This work entitled “Effect of the removal of total suspended solids as a function of the concentration of flocculants and flocculation time of the wastewater of the San Lucas River - Cajamarca 2020. In the present work the objective was to determine what is the effect of coagulation - flocculation process for the removal of total suspended solids from the sample taken from the San Lucas River. From the research results it was verified that the significant effect of the proportion the frequency is (0.415303552) is less than the critical value that is (2.510157895) it was also verified that the proportion in the evaluated levels is not an influence according to the evaluation of main effects and the analysis of variance is 87.49%, the pH was 4.5 and the temperature was 17 ° C. From the hypothesis raised: the increase in the concentration of the flocculant and the flocculation time allows a greater removal of the total suspended solids from the wastewater of the San Lucas-Cajamarca 2020 River in a time of 30 minutes is greater than all the results with a 26.3. In our project we analyze the jar test taking into account the total solids and the flocculation time since it increased according to the minutes and the percentage given since in 60 minutes it resulted in 19.89%. It was concluded that one of the most critical problems facing the city of Cajamarca is one that is highly polluted by the emission of sewage waste, solid waste, organic and inorganic matter, since the effectiveness of the wastewater of the coagulants and flocculants that exist in the San Lucas-Cajamarca.

**Key Words:** Flocculant, removal



## ÍNDICE

Dedicatoria .....	i
Agradecimientos .....	ii
<b>RESUMEN</b> .....	iii
Abstract .....	iv
<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	viii
<b>GRÁFICOS</b> .....	x
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	xi
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>1. Planteamiento del problema</b> .....	1
<b>1.1. Descripción de la realidad problemática</b> .....	1
<b>1.2. Definición del problema</b> .....	3
<b>1.3. Objetivos</b> .....	3
<b>1.3.1. Objetivo General</b> .....	3
<b>1.3.2. Objetivos específicos</b> .....	3
<b>1.4. Justificación e importancia</b> .....	4
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b> .....	5
<b>2. Fundamentos teóricos de la investigación</b> .....	5
<b>2.1. Antecedentes teóricos</b> .....	5
<b>2.2. Marco teórico</b> .....	5
<b>2.2.1. Coagulación y Floculación</b> .....	13
<b>2.2.2. Coagulación-Floculación Inorgánicos</b> .....	13
<b>2.2.3. Coagulantes-Floculantes Sintéticos</b> .....	14



2.2.4.	Coagulantes-floculantes Naturales .....	14
2.2.5.	Factores que intervienen en la coagulación .....	15
2.2.6.	Condiciones de mezcla .....	17
2.2.7.	Tipos de coagulantes .....	17
2.2.8.	Floculación.....	19
2.2.9.	Ventajas y desventajas del agua .....	25
2.3.	Características de los coagulantes.....	26
2.4.	Hipótesis de la investigación .....	38
2.5.	Operacionalización de las variables.....	39
<b>CAPÍTULO III: MÉTODO DE INVESTIGACIÓN .....</b>		<b>40</b>
3.1	Tipo de investigación .....	40
3.2.	Diseño de investigación .....	41
3.3.	Área de investigación .....	41
3.4.	Población .....	43
3.5.	Muestra.....	43
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	43
3.6.1.	Instrumentos .....	47
3.7.	Técnicas para el procesamiento y análisis de datos.....	48
3.8.	Interpretación de datos .....	48
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>		<b>50</b>
4.1.	Resultados .....	50
4.2.	Análisis e interpretación de resultados.....	51
4.2.1.	Análisis e interpretación de resultados de la concentración del	



<b>floculante.....</b>	<b>51</b>
<b>4.3. Discusión de resultados .....</b>	<b>57</b>
<b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>60</b>
<b>5.1. Conclusiones.....</b>	<b>60</b>
<b>5.2. Recomendaciones.....</b>	<b>62</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>63</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS .....</b>	<b>72</b>
<b>GLOSARIO .....</b>	<b>73</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>74</b>

## LISTA DE TABLAS

<b>N°</b>	<b>Título de la tabla</b>	<b>Pág.</b>
	Tabla 1. Ubicación de las 3 estaciones de muestreo .....	38
	Tabla 2. Registro del agua tratada del punto 1 – Urubamba .....	40
	Tabla 3. Registro del agua tratada del punto 2 – La Colmena .....	40
	Tabla 4. Registro del agua tratada del punto 3 – 5 Esquinas.....	41
	Tabla 5. Instrumentos, equipos y materiales .....	41
	Tabla 6. Porcentaje de concentración de floculante .....	44
	Tabla 7. Análisis de varianza de efecto de proporción de floculante.....	45
	Tabla 8. Análisis de varianza de efecto tiempo .....	47
	Tabla 9. Análisis de varianza del factor promedio.....	49
	Tabla 10. Resultado Fisicoquímicos del río san lucas .....	50

## GRÁFICOS

<b>Gráficos</b>	<b>Pág.</b>
Gráfico 1. Diferencias del tiempo de floculación y concentración de floculante por minutos en R1 .....	46
Gráfico 2. Interacción del tiempo y proporción en el % de floculante .....	47
Gráfico 3. Diferencia de porcentaje según los minutos en el R3 .....	48

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figuras</b>	<b>Pág.</b>
Figura 1: Ubicación del punto H-1 .....	67
Figura 2: Toma de muestras punto H-1.....	67
Figura 3: Muestra recolectada en el balde H-1 .....	67
Figura 4: Visualización del punto H-1 .....	67
Figura 5: Toma de muestras punto A-2.....	68
Figura 6: Muestra recolectada en el balde A-2 .....	68
Figura 7: Vista Río San Lucas .....	68
Figura 8: Recolección de la muestra en el P-3.....	68
Figura 9: Muestras de las 3 estaciones para ser analizadas.....	70
Figura 10: muestras de las 3 estaciones en los frascos.....	70
Figura 11: Recepción de la muestra de agua contaminada .....	71
Figura 12: Análisis de las SST en el agua.....	71
Figura 13: Análisis de los microorganismos del agua .....	72
Figura 14: Vaso Precipitado con agua del Río San Lucas .....	72
Figura 15: Análisis de bacterias .....	72
Figura 16: Medición de un litro de muestra de agua del balde .....	73
Figura 17: Analizando el agua del Punto 3 .....	74
Figura 18: utilización de conductímetro .....	74
Figura 19: Área de lectura de placas y tubos .....	74
Figura 20: Vista del punto 2 Río San Lucas .....	74
Figura 21: Muestra de agua en el equipo de filtración.....	75

Figura 22: Muestro del agua .....	75
Figura 23: Análisis biológico .....	76
Figura 24: Análisis bacteriológico .....	76
Figura 25: Vista del Punto 3 Río San Lucas .....	77
Figura 26: balde con la muestra de agua para ser tomada y llevada al laboratorio para su análisis.....	78

## **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**

### **1. Planteamiento del problema**

#### **1.1. Descripción de la realidad problemática**

En la actualidad los altos índices de contaminación en el agua son causados por actividades antrópicas o por condiciones climáticas, el crecimiento continuo de la industrialización, la agricultura y la urbanización están involucrados en la disminución y la contaminación de los recursos hídricos en todo el mundo.

Nuestro País requiere un sistema de tratamiento de aguas residuales que sea fácil de operar en corto plazo, la elaboración de floculantes y coagulantes es segura para la eliminación de aguas residuales el uso de estos floculantes está dirigido para descontaminar las aguas domésticas ya que son un problema social, ambiental que no se ha podido controlar por la débil gestión por parte de las autoridades. En la ciudad de Cajamarca las aguas residuales no reciben ningún tratamiento antes de ser descargadas directamente en las corrientes y cuerpos superficiales del agua debido a la inoperatividad de la planta de tratamiento existente de la ciudad de Cajamarca desde el año 2008, así que las aguas residuales son descargadas al río San Lucas y consecuentemente al río Mashcón alterando su calidad y generando problemas ambientales por ello deben buscar mecanismos que ayuden a resolver esta problemática construyendo sistemas de tratamiento de aguas que tengan una evaluación técnica social, ambiental y económica .



La turbidez es una característica importante en la calidad del agua de consumo humano, por lo que el presente estudio evalúa la capacidad coagulante y floculante.

La organización Mundial de la Salud (OMS), (2006), indica que, el aluminio es el elemento metálico más abundante y constituye alrededor del 8% de la corteza terrestre. Es frecuente la utilización de sales de aluminio en el tratamiento del agua como coagulantes para reducir el color, la turbidez y el contenido de materia orgánica y de microorganismos. Este uso puede incrementar la concentración de aluminio en el agua tratada, una concentración residual alta puede conferir al agua, color y turbidez no deseables. Se decidió investigar el tema de coagulantes que permitan el menor impacto en la salud expresada en los efectos de las variables por el método de prueba de jarras sobre la remoción de la turbidez en las aguas del río San Lucas.

## **1.2. Definición del problema**

¿Cuál es el efecto de la remoción de los sólidos suspendidos totales en función de la concentración de floculante y tiempo de floculación de las aguas residuales del río San Lucas – Cajamarca 2020?

## **1.3. Objetivos:**

### **1.3.1. Objetivo General:**

Determinar el efecto de la remoción de los sólidos suspendidos totales en función de la concentración de floculante y tiempo de floculación de las aguas residuales del río San Lucas - Cajamarca 2020.

### **1.3.2. Objetivos específicos:**

- Comprobar el Efecto significativo de la Remoción de los sólidos suspendidos totales en función de la concentración de floculante y tiempo de floculación de las aguas residuales del río San Lucas.
- Determinar los rangos óptimos para el tipo de aguas según las ECAS.
- Comprobar la efectividad en aguas residuales de los coagulantes y floculantes en el río San Lucas-Cajamarca-2020.

#### **1.4. Justificación e importancia**

La importancia de esta investigación se justifica en que el deterioro ambiental causado por las actividades industriales, agroindustriales y crecimiento demográfico, pone a la sociedad actual en una situación en la que es necesario replantear tanto los procesos de producción como los materiales y sustancias utilizadas para la solución de diferentes problemáticas ambientales. Una de las preocupaciones ambientales más estudiadas en la contaminación de los recursos hídricos generados por la industria textil, curtiembre, agroindustriales. Entre las técnicas más utilizadas en el tratamiento de aguas residuales en la coagulación y floculación, estos procesos se realizan con coagulantes químicos o naturales los cuales son añadidos a las aguas residuales con el fin de desestabilizar partículas coloidales para el desarrollo de la agregación de partículas formando grandes flóculos. En la actualidad los coagulantes químicos como sales de aluminio, hierro y sintéticos como la poliacrilamida son ampliamente utilizados en la coagulación floculación de diferentes contaminantes presentes en aguas residuales debido a su rendimiento, disponibilidad y costo bajos. El estudio de opciones tecnológicas permite buscar la mejora en la efectividad de las mismas. Evaluar los coagulantes con diferentes comportamientos en el proceso y sus efectos secundarios, permite evaluar la efectividad, la calidad del proceso y del producto. Tienen la implicancia en la garantía de la obtención del agua tratada lo cual permite evaluar a la planta de tratamiento sobre las opciones estudiadas e incorporando en su tecnología. La calidad del agua potable influye en la salud de toda la población.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2. Fundamentos teóricos de la investigación

Habiendo realizado una pesquisa bibliográfica a nivel nacional e internacional vía web, se encontró información relevante relacionada al tema de investigación de lo cual se destaca lo siguiente:

##### 2.1. Antecedentes teóricos

**Según Macloni (2014), en su trabajo de investigación titulado: “Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales para el municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz”, se propuso como objetivo diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales para el Municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz .La investigación determinó en base a los resultados obtenidos , que el sistema propuesto para el tratamiento de aguas residuales alcanzará un 88.62% de eficiencia global de remoción de la carga contaminante. Porcentaje basado en el nivel de remoción de DBO. El aporte de esta tesis nos servirá de guía para la elaboración de nuestra propuesta de solución en el presente estudio.**

**Según Mondragón (2014). En su tesis “Análisis de la operatividad del sistema de tratamiento de aguas residuales en el continuo urbano de Trujillo-Perú”. La investigación verificó que la presencia de coliformes termo tolerantes presentan un exceso de un 40% y una mayor DQO en cantidad mayor del 58.5% del límite admisible, lo cual, refleja un deficiente tratamiento o evacuación de lodos que conlleva.**

Estabilización, debido a que no cuentan con operadores permanentes, recibe un mantenimiento 1 vez/cada 5 meses en promedio. Consecuentemente determinaron que éstas no cuentan con un monitoreo y registro de datos adecuado, tampoco cumplen con los niveles de purificación de agua necesarios, lo cual, genera impactos ambientales negativos y riesgos de salud de los seres humanos. Uno de los factores causantes de dichos impactos es la falta de financiamiento para implementación y operación de las mismas, limitando de esta manera la calidad de los sistemas de tratamiento de aguas residuales. El aporte de esta tesis nos servirá de guía para la elaboración de nuestra propuesta de solución en el presente estudio. Para contrarrestar los problemas de contaminación en el agua, en la actualidad se han utilizado procesos fisicoquímicos de coagulación y floculación a partir de sales químicas las cuales incluyen alumbre, cloruro férrico y cloruro de poli aluminio, como también polímeros orgánicos sintéticos. Aunque estos coagulantes químicos han mostrado ser eficientes en procesos de coagulación - floculación, sin embargo, presenta desventajas como los costos de adquisición, afectan significativamente el PH del agua tratada, producen altas cantidades de lodos, lo cual genera impactos en el ambiente y en la salud humana, como el desarrollo de la enfermedad de Alzheimer. **(Flaten, 2011)**. También los polímeros orgánicos sintéticos, tales como acrilamida pueden tener efectos neurotóxicos y cancerígenos, de acuerdo a la investigación científica una posible solución puede ser el sustituir los coagulantes químicos por coagulantes naturales que son métodos utilizados para la eliminación de la turbidez del agua potable.

plantas podrían ser alternativas ya que son aceptables con el ambiente y no generan problemas de salud debido a que son biodegradables y no generan lodos voluminosos en comparación con los coagulantes inorgánicos además los coagulantes naturales de origen vegetal son económicamente viables debido a que las plantas pueden ser cultivadas localmente. (Sanghi et al, 2016).

**Según Castrillón y Giraldo (2012)**, en su trabajo determinación de las dosis óptimas de 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 cuyos resultados obtenidos después de realizar el test de jarras arrojaron resultados óptimos en cuanto a la remoción de los parámetros fisicoquímicos analizados y el cumplimiento de ellos según la norma. Las conclusiones al que llegaron con este trabajo fueron: 13 Se evidenció que los parámetros fisicoquímicos del agua varían en relación con el tiempo climático, ya que los días que se presentaban precipitaciones eran los días donde se recolectaban muestras con mayor variación de la turbiedad. 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. Se observó que no existe una correlación lineal entre la dosis óptima aplicada de coagulante y la turbiedad del agua cruda dado que en los ensayos experimentales se obtuvieron resultados con dosificaciones mayores en muestras de Turbiedades bajas mientras que en turbiedades altas se emplearon

Dosificaciones menores. Esto se debe a que en turbiedades menores las partículas suspendidas son más pocas lo que dificulta las colisiones entre ellas para formar el floculante requiriendo más adición de coagulante. Después del tratamiento con el coagulante el pH de la muestra disminuye muchas veces quedando fuera del rango que exige el decreto 1575, por eso en la planta de tratamiento de Villa Santana se cuenta con una adición posterior de Cal.

**Según Rasouli (2017) Identificó que las aguas residuales oleosas son una de las grandes amenazas para el medio ambiente, los animales y las plantas debido al alto contenido orgánico peligroso.** En este trabajo, las aguas residuales oleosas fueron tratadas con un proceso híbrido de coagulación-MF en línea usando membranas de micro filtración de cerámica, Mullite-Alumina-Zeolite y Mullite-Zeolite nuevas y de alto rendimiento. Las membranas MF se fabricaron mediante un método de extrusión que utiliza materias primas accesibles, baratas y convenientes, tales como arcilla de caolín, zeolita natural y polvo de alúmina- $\alpha$ . Se usaron sales de aluminio y hierro ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  y  $\text{FeSO}_4$ ) para la coagulación en línea en el proceso híbrido con concentraciones de 50, 100, 150 y 200 mg L<sup>-1</sup>. Se llevaron a cabo experimentos para determinar los efectos de la dosis del agente de coagulación en el flujo de premiación (FP) y el porcentaje de rechazo de aceite (PRA) durante el tratamiento de aguas residuales aceitosas. Los resultados mostraron que  $\text{FeSO}_4$  con 200 mg L<sup>-1</sup> concentración es el mejor agente de coagulación para la mejora de FP de Dos tipos de membranas significativamente. Además,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  fue el

Mejor agente de coagulación que aumentó el PRA de MAZ de 96,2% a 99% y 96,6% -98,8% para las membranas.

**Según Choumane (2017) Observó la contaminación causada por las aguas residuales es un problema grave en Argelia.** Esta contaminación tiene ciertamente efectos 18 nocivos sobre el medio ambiente. Con el fin de reducir los efectos negativos de estos contaminantes, se aplican muchos procesos de tratamiento de aguas residuales, principalmente químicos físicos, en este caso, el método más utilizado es el proceso de coagulación-floculación físico-química. El procedimiento se basa en el uso de aluminio y sales de hierro solas o en combinación con el uso de dos floculantes; el primero es un zumo de cactus *Opuntia* biofloculantes natural biodegradable, y el segundo es la hidroxiapatita sintética; para tratar las aguas residuales recogidas en la entrada de la planta de tratamiento, en la localidad de Zaida. Los floculantes se caracterizaron mediante espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier. Se investigó la influencia de diversos parámetros experimentales, tales como las cantidades de coagulantes y floculantes utilizados, el pH, la turbidez, la DQO y la DBO<sub>5</sub>. Los ensayos de frascos de coagulación y floculación de aguas residuales revelan que el cloruro férrico, que contiene una masa de 0,3 g de hidroxiapatita, es el adyuvante más eficaz para clarificar el agua residual, con turbidez igual al 98,16%. En presencia de los dos biofloculantes, el jugo de *Opuntia* cactus y el sulfato de aluminio, con una dosis de 0,2 g, la floculación es buena, con turbidez igual al 95,61%. La investigación de los principales parámetros estudiados durante



la prueba de floculación muestra que el grado de contaminación disminuye, lo que se confirma por los valores de DQO y turbidez. El análisis de estos resultados sugiere el uso de estos floculantes en el tratamiento de aguas residuales.

**Según Choumane (2017) Observó la contaminación causada por las aguas residuales es un problema grave en Argelia.** Esta contaminación tiene ciertamente efectos 18 nocivos sobre el medio ambiente. Con el fin de reducir los efectos negativos de estos contaminantes, se aplican muchos procesos de tratamiento de aguas residuales, principalmente químicos físicos, en este caso, el método más utilizado es el proceso de coagulación-floculación físico-química. El procedimiento se basa en el uso de aluminio y sales de hierro solas o en combinación con el uso de dos floculantes; el primero es un zumo de cactus *Opuntia* biofloculantes natural biodegradable, y el segundo es la hidroxapatita sintética; para tratar las aguas residuales recogidas en la entrada de la planta de tratamiento, en la localidad de Zaida. Los floculantes se caracterizaron mediante espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier. Se investigó la influencia de diversos parámetros experimentales, tales como las cantidades de coagulantes y floculantes utilizados, el pH, la turbidez, la DQO y la DBO<sub>5</sub>. Los ensayos de frascos de coagulación y floculación de aguas residuales revelan que el cloruro férrico, que contiene una masa de 0,3 g de hidroxapatita, es el adyuvante más eficaz para clarificar el agua residual, con turbidez igual al 98,16%. En presencia de los dos biofloculantes, el jugo de *Opuntia* cactus y el sulfato de aluminio, Con una dosis de 0,2 g, la floculación es buena, con turbidez igual al

95,61%. La investigación de los principales parámetros estudiados durante las pruebas de floculación muestra que el grado de contaminación disminuye, lo que se confirma por los valores de DQO y turbidez.

**Según Ojeda (2012)** tuvo como objetivo determinar la eficiencia de un coagulante – floculante, el método descrito por Córdova posterior a ello se realizó el test de jarras, con los que se determinó la concentración y dosis optima de la solución a ser aplicada, evaluando su turbiedad, color y pH, residual, adicionalmente se varió la temperatura, pH, velocidad y tiempo de mezcla lenta. Se obtuvo como resultado que el almidón de mashua no presenta resultados favorables al remplazar al sulfato dealuminio y ser utilizado como coagulante, pero al ser aplicado como ayudante de floculación.

**Según Ricaurte (2014)** tiene por objetivo definir al Quito sano como un coagulante efectivo para el tratamiento de agua para consumo humano. - El tiempo de formación del floculante del Quito sano fue a los 3':47" y 5':34 "del sulfato de aluminio, es decir que la formación de floculante del Quito sano es mucho más rápido que la del coagulante químico estudiado, también se pudo observar que el floculante producido por el Quito sano, se sedimentó en su totalidad, dejando el agua cristalina, además el tamaño del floculante es relativamente mayor comparado con el coagulante químico usado en la planta de tratamiento de agua potable de la Empresa de Servicios Públicos de Valledupar. - Los resultados

Demostraron la eficacia del Quito sano para remover los Sólidos suspendidos totales de 726,66 mg/L y turbidez de 400 NTU a valores mínimos 10,49mg/L y 7,10NTU, con pH iniciales de 7,49; la dosis óptima para Quito sano fue de 35mg/L respectivamente, al finalizar el tratamiento se obtuvo valores de pH = 6,85, los porcentajes de remoción de los sólidos suspendidos totales para dichas concentraciones fue de 98,55% y para turbidez fue 98,22%. Para color 28 disminuyó de 32,1UPC a valor 5,74UPC. Al tratar con Sulfato de Aluminio obtuvimos una dosis optima de 40 mg /L para remover los sólidos suspendidos totales de 726,66 mg/L y turbidez 400NTU a valores mínimo de 12,24 mg/L y 9,81NTU, observando gran variación en el pH ya que de disminuye de 7,66 a 6,45. El porcentaje de remoción de solidos suspendidos totales estuvo en 98,31% y turbidez de 97,54%. Para color disminuyó de 32,1 UPC a valor 7,93UPC. El resultado final indica que el Quito sano presenta buenos resultados de remoción de solidos suspendidos totales 98,55% responsables de la turbidez y color del agua.

**Según Luo (2013)** Se formuló un proyecto en el cual se proponen cuatro modelos diferentes para la estimación de la dosificación de coagulante, basados en la implementación de técnicas de inteligencia computacional, dentro de los cuales se incluyen las RNA, que extrae la experiencia almacenada en los datos de operación de una planta de tratamiento para aprender su comportamiento y posteriormente ser capaz de calcular para cualquier dato un valor preciso de agente coagulante.

## **2.2. Marco teórico**

### **2.2.1. Coagulación y Floculación:**

Son procesos fisicoquímicos utilizados para eliminar las partículas coloidales de las aguas residuales e industriales, este fenómeno ocurre al adicionar un agente coagulante en el cual cancela las cargas electrostáticas de las partículas al tiempo que origina una compresión de la capa difusa que rodea los coloides, lo cual les permite la formación de flóculos a través de un mecanismo de puentes entre partículas produciendo una malla porosa en función de su radio efectivo, facilitando así la formación de macro lóculos. Muchos coagulantes son ampliamente utilizados en el proceso de tratamiento de agua, estos coagulantes pueden clasificarse en coagulantes inorgánicos, polímeros orgánicos sintéticos y coagulantes de origen natural. (Sciban et al, 2008).

### **2.2.2. Coagulación - Floculación Inorgánicos:**

Son los más utilizados para el tratamiento de aguas residuales debido a su rendimiento, disponibilidad, costo y efectividad poseen la capacidad de actuar como coagulantes y floculantes cuando son disueltos estos forman compuestos complejos hidratados, entre los más utilizados se hallan sulfato de aluminio, sulfato férrico, sulfato ferroso, cloruro férrico y el aluminato de sodio. Aunque estas sales químicas presentan alta capacidad de coagulación floculación, pueden llegar a ser nocivos para la salud humana y el ambiente.

### **2.2.3. Coagulantes - Flocculantes Sintéticos:**

Los coagulantes orgánicos son polímeros solubles en agua que están basados en unidades repetidas de varios monómeros tales como el ácido acrílico. En la mayoría de los casos se derivan de materias primas basadas de petróleo y no renovables. Generalmente los polímeros sintéticos se clasifican en catiónicos, aniónicos y no aniónico. La capacidad coagulante es principalmente influenciada por parámetros como la naturaleza de las cargas, seguida por el peso molecular y la densidad de carga. **(Bolto y Gregoroy, 2007).**

### **2.2.4. Coagulantes - Flocculantes Naturales:**

Se consideran una fuente alternativa con un gran potencial, debido a que son biodegradables y no generan daños al ambiente en comparación con coagulantes inorgánicos y polímeros sintéticos. En su mayoría son de origen vegetal con presencia de agentes coagulantes activos como carbohidratos y proteínas. Algunas especies vegetales presentan estudios realizados son las semillas de una enorme variedad plantas el frejol común entre otras proteínas catiónicas de diferentes pesos moleculares. Además de poseer capacidad antimicrobiana. Esto conduce a la desestabilización de coloides y suspensiones y posteriormente aún reordenamiento de la conformación del polímero absorbido de tal manera que las partículas en suspensión absorbidas se agregan para formar grandes flóculos se establecen de manera efectiva. **(Renault et al, 2009).**

## **2.2.5. Factores que intervienen en la coagulación**

### **2.2.5.1. Dosis De Coagulante**

Si se adiciona poca cantidad la partícula no se neutraliza totalmente produciendo una gran cantidad de micro flóculos los cuales forman más turbidez en el agua. Por el contrario, un exceso de coagulante genera una inversión de la carga de una partícula formando micro Flóculos lo que también aumenta la turbidez del agua. (Cárdenas, 2000,17).

### **2.2.5.2. Valencia**

Entre mayor sea la valencia del ion, más efectivo resulta como coagulante.

### **2.2.5.3. Capacidad de cambio**

Es una medida de la tendencia a remplazar cationes de baja valencia por otros de mayor valencia, provocando la desestabilización y aglomeración de partículas en forma muy rápida. Modelo de Stern, 1924.

### **2.2.5.4. Tamaño de las partículas**

Las partículas deben poseer el diámetro inferior a una micra. Las partículas con diámetro entre una y cinco micras, sirven como núcleos de floculantes, en cambio de diámetro superior a cinco micras, son demasiado grandes para ser incorporadas en el floculante.

#### **2.2.5.5. Temperatura**

La temperatura cambia el tiempo de formación del floculante, entre más fría el agua, la reacción es más lenta y el tiempo de formación del floculante es mayor.

#### **2.2.5.6. Concentración de iones $H^+$ o pH**

Para cada coagulante hay por lo menos una zona de pH óptima, en la cual una buena floculación ocurre en el tiempo más corto y con la misma dosis de coagulante.

#### **2.2.5.7. Relación cantidad-tiempo**

La cantidad de coagulante es inversamente proporcional al tiempo de formación del floculante.

#### **2.2.5.8. Alcalinidad**

La alcalinidad guarda la relación con el pH y por lo tanto el contenido de alcalinidad del agua es uno de los factores por considerar en la coagulación.

### **2.2.6. Condiciones De Mezcla:**

La mezcla de productos químicos se realiza en dos etapas: en la primera la mezcla es enérgica y de corta duración(60s/Max) llamada mezcla rápida, esta mezcla tiene por objeto dispersar la totalidad de coagulante dentro del volumen del agua tratada y en la segunda etapa la mezcla es lenta y tiene por objeto desarrollar los micro lóculos. (Cárdenas, 2000,18).

#### **2.2.6.1. Mezcla Rápida:**

Esta es inadecuada y no genera una buena homogenización del producto conlleva a que nos dé la impresión de que necesita un aumento de productos químicos.

#### **2.2.6.2. Mezcla Lenta:**

Permite que exista el contacto entre los microflóculos, esta debe de tener una velocidad que no sea muy grande, ya que los flóculos ocurre el riesgo de romperse y de igual manera si al tiempo de empleo es demasiado.

### **2.2.7. Tipos De Coagulantes**

#### **2.2.7.1. De Aluminio:**

Es un compuesto inorgánico que forman un flóculo ligeramente más pesado entre los más conocidos tenemos: el sulfato de aluminio o alumbre hidratado lo cual es lo más económico y es ampliamente usado como floculante. En la



Purificación del agua potable, además de este también se usa el sulfato de aluminio amoniacal y el cloruro de poli aluminio.

**(Arboleda, 2000)**

#### **2.2.7.2. Poli cloruro De Aluminio:**

Es un compuesto químico que presentan mayor efectividad al momento de reducir sustancias orgánicas a comparación del tradicional sulfato de aluminio, no es afectado por la temperatura y tiene una reacción más rápida en la formación de flóculos, producen menos lodos, menor consumo, remoción de turbiedad, color y lo mejor no necesita un ajuste de PH para su reacción. **(Arboleda, 2000)**

#### **2.2.7.3. Sales De Hierro:**

Estos compuestos forman un flóculo más pesado y por ende con mayor velocidad de sedimentación que las sales de aluminio, de igual manera reaccionan con alcalinidad del agua formando hidróxidos de hierro insolubles y forman precipitados.

**(Arboleda, 2000)**

#### **2.2.7.4. Cloruro Férrico:**

Es un compuesto que forma parte de las alternativas utilizadas en el tratamiento de efluentes, en comparación con el sulfato de aluminio se requiere una cantidad menor de cloruro férrico.

Por esta razón, se utiliza como coagulante en la potabilización del agua debido a que minimiza los residuos de aluminio en el agua tratada, evitando cierta toxicidad por este metal y la consiguiente preocupación por parte de las comunidades médicas de investigación. **(Arboleda, 2000)**

#### **2.2.7.5. Sulfato Férrico:**

Al igual que el sulfato de aluminio este compuesto es empleado para el tratamiento de agua para el consumo humano y otras industrias como: las industrias mineras para remover metales pesados del agua, industria pesquera para la recuperación de sólidos, aceites y grasas del agua. **(Arboleda, 2000).**

#### **2.2.8. Floculación**

Es el proceso consiguiente de la coagulación en el que por medio de la agitación las partículas desestabilizadas se unen para formar grandes partículas estables o aglomerados, con el tamaño y peso necesario para sedimentar con facilidad. La floculación se ve favorecida por la mezcla lenta que hace que las partículas individuales enlazadas se junten, cuidando que no tengan un mezclado intenso que los rompa, pues no volverán a formar en su tamaño y fuerza óptima antes alcanzada. **(Damián y Silva, 2016).**

### **2.2.8.1. Tipos De Floculantes:**

#### **a) Peri cinética:**

Se basa en las colisiones generadas por el movimiento natural de moléculas e inducida por la energía térmica.

#### **b) Orto cinética:**

Basada en las colisiones de las partículas debido al movimiento del agua, inducido por la energía exterior a la masa del agua. (**Vargas, 2008**).

### **2.2.8.2. Dosificación De Coagulante Versus Turbiedad y PH:**

Los coagulantes metálicos alumbres y sales de hierro han sido los más empleados en la clarificación del agua. Estos productos actúan como coagulantes y floculantes a la vez. Añadidos al agua forman especies cargadas positivamente en el intervalo del pH típico para la clarificación que va entre 6 - 7. Como ya se ve esta reacción produce aluminio gelatinoso insoluble o hidróxido férrico. Los coagulantes metálicos son muy sensibles al pH y alcalinidad. Si el pH no está dentro del rango adecuado, la clarificación es pobre y pueden solubilizarse el hierro o el aluminio. Cuando menor sea la dosis de coagulante tanto mayor sea la sensibilidad de flóculo a cambios en el pH. (**Acevedo, 2000**).

### **2.2.8.3. Mecanismos De Transporte DeFloculación:**

Normalmente, la floculación se analiza como un proceso causado por la colisión entre partículas. En ella interviene, en forma secuencial tres mecanismo de transporte. **(Vargas, 2004)**

### **2.2.8.4. Clasificación De Floclantes:**

Según su naturaleza química, los floclantes pueden ser inorgánicos y orgánicos los floclantes inorgánicos (electrolitos) son sales solubles en el agua, normalmente formadas por cationes polivalentes, siendo los más utilizados las sales de hierro, aluminio y sílice. Los floclantes orgánicos pueden ser: naturales (polisacáridos) y sintéticos (polímeros) que tienen grupos activos distribuidos a lo largo de su cadena. Los floclantes orgánicos sintéticos son muy utilizados en la industria química moderna, son eficaces a bajas concentraciones y pueden encontrarse como un producto no iónico. **(Gonzales, 2008).**

### **2.2.8.5. Floclantes Minerales:**

Se encuentra la sílice activada, que es el primer floclante empleado, que debe ser preparado antes de emplear, su preparación es tan delicada y presenta el riesgo de la gelatinización, produce la neutralización parcial de la alcalinidad silicato de sodio en solución. **(Gonzales, 2008).4**

#### **2.2.8.6. Flocculantes Orgánicos Naturales:**

Son polímeros naturales extraídos de sustancias animales o vegetales. Entre los coagulantes naturales están los de origen orgánico que se encuentran en ciertas plantas, entre flocculantes naturales principalmente utilizados en el tratamiento de las aguas residuales de procesos industriales específicos, hidrometalurgia, papel, textil. (Gonzales y, 2008)

#### **2.2.8.7. Flocculantes Orgánicos De Síntesis:**

Son los más utilizados y son macromoléculas de una gran cadena obtenidos por asociación de monómeros sintéticos con masa molecular elevada de  $10^6$  a  $10^7$  gr/mol estos se clasifican de acuerdo a la ionizada de los polímeros: aniónicos (de la acrilamida y del ácido acrílico) Neutros o no iónicos (poliacrilamidas) catiónicos (copolímeros de acrilamidas más un monómero catiónico). (Van Bremen, 2001).

#### **2.2.8.8. Factores que influyen en la Flocculación:**

**a) Concentración y naturaleza de las partículas:** La velocidad de formación de la flocculación es proporcional a la concentración de partículas en el agua y del tamaño inicial de estas.

**b) Tiempo de detención:** La velocidad de aglomeración de las partículas es proporcional al tiempo de detención. Debe estar lo más cerca posible al óptimo determinado por medio de ensayos de

c) jarras, esto se puede lograr dividiendo la unidad de floculación en cámaras. Se puede decir que una eficiencia dada, se obtiene en tiempos cada vez menores a medida que se aumenta el número de cámaras de floculación en serie. Por razones de orden práctico el número de cámaras no puede ser muy grande, estableciéndose un mínimo de tres unidades.

**d) Gradiente de velocidad:** Este es un factor proporcional a la velocidad de aglomeración de las partículas. Existe un límite máximo de gradiente que no puede ser sobrepasado, para evitar el rompimiento del floculante. El gradiente a través de las cámaras debe ser decreciente y no se deben tener cámaras intermedias con gradientes elevados.

**e) Prueba de Jarras:** La coagulación química y la dosificación apropiada de reactivos deben ser seleccionadas por la simulación del paso de clarificación en un laboratorio a escala. La Prueba de Jarras es la que mejor simula la química de la clarificación y la operación llevada a cabo. Un arreglo simple de vasos de precipitado y paletas permite comparar varias combinaciones químicas, las cuales todas están sujetas a condiciones hidráulicas similares. Esta prueba se realiza con el fin de determinar la concentración óptima de coagulante necesaria para obtener un floculante de las mejores características.

**f) Electrocoagulación:** La coagulación y la floculación son los métodos más tradicionales para el tratamiento de las aguas residuales, por esta razón se viene presentando una alternativa innovadora, la “Electrocoagulación”, donde un ánodo de sacrificio dosifica el metal electroquímico (catión) al agua. La Electrocoagulación utiliza corriente continua para desprender el catión activo del ánodo de sacrificio, el que reacciona con los iones Hidroxilos que se forman en el cátodo, desestabilizando los contaminantes suspendidos, emulsionados o disueltos en medio acuoso. Finalmente, los materiales coloidales se aglomeran para ser eliminados por flotación o por decantación. Este sistema ha demostrado que puede manejar una gran variedad aguas residuales, tales como: Residuos de Papeleras, Galvanoplastias, Curtiembres, Agroindustrias, Efluentes con contenido de cromo.

## **2.9. Ventajas y desventajas de los coagulantes empleados en la clarificación del agua**

### **2.2.9.1. VENTAJAS**

- Genera un lodo artificial el cual puede ser tratada con mayor facilidad y eficiencia. Permite la remoción de la turbidez orgánica e inorgánica que no pueden sedimentarse rápidamente.
- Remoción de color verdadero y aparente.
- Eliminación de patógenos.
- Costos bajos de producción.
- Eliminación de sustancias productores de sabor y olor.

### **2.2.9.2. DESVENTAJAS**

- Alteración del pH del agua.
- Dependencia de las características fisicoquímicas del agua.
- Incremento del consumo de la cal para estabilizar el pH.
- Depende de la velocidad de agitación del agua.
- Requiere personal para recolección. (Arnal, 2006)



### **2.3. Características De Los Coagulantes**

Los químicos que se añaden al agua para lograr la coagulación deben tener las siguientes características.

- No tóxicos y sin efectos fisiológicos adversos sobre la salud humana.
- Insolubles o de baja solubilidad en rangos de pH comunes en la práctica del tratamiento del agua. Esto es necesario con el objetivo de tener un eficiente proceso de coagulación y ser capaz de dejar la menor cantidad posible del residuo del químico en el agua tratada.
- Catiónicos metálicos trivalentes o polímeros cuya efectividad como coagulantes se haya determinado.

#### **2.3.1. Coagulantes a Base De Aluminio**

Cuando son añadidos al agua acuosas del hidróxido de aluminio se disocian en sus respectivos iones trivalentes, después de que se hidrolizan y forman varios complejos solubles que poseen altas cargas positivas estas serán absorbidas sobre la superficie de los coloides cargados negativamente promoviendo la agregación inicial de las partículas coloidales para formar micro flóculos. **(Siah y Sher y otros, 2013-2014)**

#### **2.3.2. Influencia De La Dosis De Coagulante**

La cantidad de coagulante a utilizar tiene influencia directa en la eficiencia de la coagulación, así poca cantidad del coagulante no

Neutraliza totalmente la carga de la partícula, la formación de los microflóculos es muy escasa por lo tanto la turbiedad residual es elevada. Alta cantidad del coagulante produce la inversión de la carga de la partícula, conduce a la formación de gran cantidad de microflóculos con tamaño muy pequeños cuyas velocidades de sedimentación muy bajas por lo tanto la turbiedad residual es igualmente elevada. La selección del coagulante en la cantidad óptima de aplicación se determina mediante los ensayos de pruebas de jarra la selección de coagulable y la dosis juegan un rol muy importante sobre la buena o mala calidad del agua clarificada y el buen o mal funcionamiento de los decantadores. **(Seda pal, 2009)**.

### **2.3.3. Remoción De Turbiedad**

La aplicación de una dosis creciente del coagulante al agua presenta diferentes zonas de coagulación:

- **Zona 1:**

La dosis de coagulante no es suficiente para desestabilizar las partículas y por lo tanto no se produce coagulación.

- **Zona 2:**

Al incrementar la dosis de coagulante se produce una rápida aglutinación de los coloides.

- **Zona 3:**

Si se continúa aumentando la dosis llega un momento en la que no se produce una buena coagulación ya que los coloides se rentabilizan.

- **Zona 4:**

Al aumentar aún más la dosis hasta producir una súper saturación se produce de nuevo una rápida precipitación de los coagulantes. (**Seda pal, 2009**).

#### **2.3.4. Sistema De Aplicación Del Coagulante**

Se considera que una reacción adecuada del coagulante con el agua se produce cuando:

- La dosis del coagulante que se adicione al agua es en forma constante y uniforme en la unidad de mezcla rápida tal que el coagulante sea completamente dispersado y mezclado con el agua.
- El sistema de dosificación debe proporcionar un caudal constante y fácilmente regulable ya que las condiciones de mezcla del coagulante con el agua es la mejor mezcla del coagulante en su totalidad a la masa de agua. Esta condición se obtiene por medio de los equipos de dosificación tanto para los coagulantes al estado líquido y estado sólido que deben encontrarse calibrados. (**Seda pal, 2009**)

### **2.3.5. Coagulación Del Color:**

En general el color de un agua es debido a la descomposición de las materias orgánica que contienen los humos de los suelos, esto depende de una gran variedad de compuestos orgánicos como las sustancias húmicas que son los mismos utilizados para la turbiedad. (Seda pal, 2009).

### **2.3.6. Dosificación De Productos Químicos De LaFloculación:**

#### **2.3.6.1. Estados De Presentación Productos Químicos:**

##### **- Productos Químicos Sólidos:**

Deben ser utilizados después de haber sido puestos en solución y pueden ser aplicados de la siguiente manera.

##### **- En Continuo:**

La dosis es calibrada por medio de un dosificador seco del tipo volumétrico, la disolución se debe realizar dentro de un tanque de nivel constante provisto de un agitador (aplicación de sulfato de aluminio granular, sulfato de cobre y cal).

##### **- Por Lites o Batch:**

El operador prepara puntualmente una solución o una suspensión de cierta cantidad de producto y luego realiza la dosificación (aplicación del poli electrolito catiónico).

### - **Productos Líquidos:**

Son utilizados puros o diluidos por medio de equipos de bombeo o por sistemas de gravedad (aplicación de sulfato de aluminio y cloruro férrico). **(Seda pal, 2009).**

#### **2.3.6.2. Aplicación De Productos Químicos**

La aplicación de productos químicos da precauciones son las siguientes:

- Concentración de las soluciones, se deben tener en cuenta los límites de solubilidad y la naturaleza del agua de dilución. no realizar diluciones sin control ya que se produce el hidrolisis antes de la aplicación además de presentan dificultad en la determinación del consumo real de los productos químicos.

- La dispersión se debe realizar por un sistema de dispersión a fin de evitar la formación de los aglomerados que son difíciles de disolverse.

- Agitación necesaria para conseguir la mezcla completa de los productos químicos en el caso del poli electrolitos es recomendable agitar 30 minutos más después de haber sido preparado requerido para el desarrollo completo de la cadena polimérica. **(Seda pal, 2009).**

### **2.3.6.3. Medida De La Concentración De Una Solución o Suspensión:**

La utilización de un decímetro la curva correspondiente entre la densidad y la concentración de la solución considerada permite conocer la concentración real en el momento de la medición en cada recepción del sulfato de aluminio esta solución se mide la densidad de la solución.

#### **- Medida de caudal inyectado:**

Si la aplicación del coagulante es por gravedad la variación de la altura en el tanque de almacenamiento, así como las pruebas de aforamiento permiten conocer rápidamente el caudal del producto químico. Si la aplicación es realizada por medio del sistema de bombeo se debe verificar las curvas de calibración de las bombas, establecer dentro de las cuales condiciones de concentración, viscosidad, presión para los cuales se pueden utilizar h deben ser verificados por las pruebas de aforamiento. Los siguientes dispositivos permiten realizar mejor el control de la dosificación. (Seda pal, 2009).

### **2.3.6.4. Contaminación de Efluentes Con Materias en Suspensión:**

Cada actividad industrial aporta una contaminación determinada por lo que es conveniente conocer el origen del vertido industrial para valorar su carga contaminante e Incidencia en el medio receptor. (Editor, 2010)

#### **2.3.6.5. Aguas Residuales:**

Son las que proceden de cualquier taller o negocio en cuyo proceso de producción, transformación o manipulación se utilice el agua incluyéndose los líquidos residuales, aguas de proceso y aguas de refrigeración.

- **Aguas residuales de proceso:** Se originan en la utilización del agua como medio de transporte, lavado, refrigeración y que puede contaminarse con los productos químicos o incluso con los líquidos residuales (**Editor, 2010**).

#### **2.3.7. Tipos de Vertidos Industriales**

##### **- Continuos**

Proviene de procesos en los que existe una entrada y una salida continua del agua (proceso de transporte, lavado, refrigeración).

##### **- Discontinuos**

Proceden de operaciones intermedias. Son los más contaminados (baños de decapado, baños de curtido, lejías). Al aumentar el tamaño de la industria algunos vertidos discontinuos pueden convertirse en continuos. (**Editor, 2010**).

### **2.3.7.1. Tratamiento de agua residual mediante coagulación-floculación**

En la coagulación las sales de aluminio y hierro, son algunas de las sustancias químicas que actúan como coagulantes y que se usan para el proceso de desestabilización química de las partículas, este usualmente se realiza generando una mezcla rápida en el agua. El objetivo principal de la coagulación es desestabilizar las partículas coloidales que se encuentran en suspensión, para favorecer su aglomeración. Este proceso es resultado de dos fenómenos. Inicialmente se efectúa un proceso esencialmente químico, el cual consiste en la reacción del coagulante con el agua y la formación de especies hidrolizadas con carga positiva. Este proceso depende de la concentración del coagulante y el pH final de la mezcla. El proceso secundario es fundamentalmente físico, el cual consiste en el transporte de especies hidrolizadas para que hagan contacto con las impurezas del agua.

### **2.3.8. Procedimientos de Coagulación:**

- **Selección del Coagulante:** Se realiza el ensayo de jarras como se describe el documento anexo, para cada tipo de coagulante a ensayar.

La selección del coagulante depende de los siguientes factores:

**a) Turbiedad final.:** Se selecciona el coagulante que produzca valores de turbiedad final menores a 1 UNT.



**b) pH y alcalinidad:** El coagulante seleccionado debe producir agua con valores de pH y alcalinidad dentro del intervalo admisible por el Decreto 475/98 (Anexo A), en caso contrario el efecto de este debe ser fácilmente corregible.

**c) Consideraciones de almacenamiento y transporte:** El coagulante debe ser poco perecedero, seguro y fácil de manejar.

**d) Disponibilidad en el mercado.**

**e) Facilidad de dosificación.**

### **2.3.9. Ensayo de Jarras**

En la prueba de jarras se utiliza variaciones en la dosis del polímero o coagulante en cada jarra (generalmente 6 jarras), permitiendo la reducción de los coloides en suspensión y materia orgánica a través del proceso de floculación; es decir, simula los procesos unitarios de coagulación, floculación y sedimentación, permitiendo además realizar el ajuste en el pH de cada muestra hasta llegar a los valores en los que la floculación alcanza sus mejores resultados (Generalmente entre 7.3 a 7.6)



**Figura n°01:** Ensayo de jarras  
**Fuente:** (Miller, 2008)

#### 2.3.9.1 Utilidades y usos del Ensayo de Jarras:

Se utiliza este método cuando se requiere determinar la dosis óptima de coagulantes en plantas de tratamiento de agua potable y/o agua residual, especialmente cuando la calidad del agua fluctúa rápidamente; así como para establecer las dosis óptimas de polímero a ser utilizado en procesos de deshidratación de lodos. Con este procedimiento se determina las condiciones óptimas a pequeña escala lo más representativas con el objetivo de predecir el funcionamiento de una operación unitaria a gran escala.

**EQUIPO:**



**Figura n° 02: Equipo de prueba de jarras**  
 Fuente: (Miller.S.M, 2008)

El equipo de prueba de jarras contiene cuatro o seis paletas de agitación que mezclan el contenido de envases, de volumen constante de uno o dos litros, a una misma velocidad de mezclado para todos los recipientes que es controlada por un medidor de revoluciones en RPM. Por lo general uno de los envases actúa como control, mientras que las dosificaciones de los otros tres o cinco (dependiendo el modelo) son diferentes. Se tiene un sistema de iluminación que permite observar de mejor manera los parámetros visuales que nos proporciona la prueba (como la formación de flóculos).

**2.3.9.2. Procedimiento:**

- Si requiere un volumen de 12 litros para esta prueba, se coloca 2 litros de muestra en cada uno de los seis recipientes.

- Se programa primero una mezcla rápida intensa y de corta duración aproximadamente 1 minuto seguida de una mezcla Lenta de aproximadamente 25 minutos, al final se deja reposar por al menos 10 minutos sin mezcla.
- Se calcula las diferentes dosis a analizar y se coloca una dosis distinta en cada jarra, justo en el momento en el que comienza la mezcla rápida. Se enciende el programa secuencial y se observa el comportamiento de cada jarra.
- Al final del tiempo de reposo se observa el volumen de lodos generados. Se extrae una muestra del agua clarificada mediante la ayuda de las llaves que existen en cada jarra.
- Se analiza los parámetros que se consideren más representativos como pH, Turbidez, Temperatura, DQO, Fosfatos, etc., dependiendo del proceso que se esté analizando.
- Se recomienda realizar esta prueba con vigilancia continua de la misma, es una prueba de corta duración, los detalles visuales que nos brinda junto con los resultados que se obtiene del análisis en laboratorio de los parámetros de cada jarra nos permiten determinar la dosis óptima.
- El objetivo es encontrar la dosis ideal para el proceso unitario que produzca la mejor calidad de agua posible a los menores costos.

## 2.4. Hipótesis de la investigación

La hipótesis de investigación se planteó a partir de la siguiente proposición lógica “Si la Remoción de lo Sólidos Suspendidos Totales realiza su función para determinar si presenta efecto alguno con la Concentración de Floculante a través del tiempo de floculación en las aguas Residuales del Río San Lucas”, para responder a dicha proposición nos planteamos como hipótesis las siguientes:

- **H<sub>A1</sub>**: El aumento de la concentración de floculante y el tiempo de floculación permite una mayor remoción de los sólidos suspendidos totales (SST) de las aguas residuales del río San Lucas-Cajamarca 2020.
  
- **H<sub>02</sub>**: El aumento de la concentración de floculante y el tiempo de floculación no presenta efecto sobre la remoción de sólidos suspendidos totales de las aguas residuales del río San Lucas-Cajamarca 2020.

### 2.5. Operacionalización de las variables

Tipo Variable	Variable	Definición	Indicador	Ítem	Técnicas-Instrumento
<b>Independiente</b>	- Concentración de floculante. - Tiempo de floculación.	Es la relación de la masa del agente activo por volumen de solución	Dosis optima de coagulante y floculante	¿La medida de turbidez varia con la concentración de coagulante y Floculantes?	<b>Prueba de jarras</b> Técnica: Observación Instrumentos: Turbidímetro, conductímetro y pH metro De medición.
<b>Dependiente</b>	Remoción de sólidos Suspendidos Totales.	La operación de remoción de sólidos es parte principal del tratamiento del agua para lo cual el proceso de floculación-coagulación es una de las operaciones Para este fin.	Porcentaje de remoción de sólidos suspendidos totales	Estos sólidos se acumulan donde son digeridos bajo condiciones anaeróbicas.	Guía de análisis en laboratorio: Guantes, mascarilla, mandil, Protector facial.

Fuente: Elaboración Propia. 1



## CAPÍTULO III

### 3. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Tipo de investigación

La metodología de la presente investigación es de tipo experimental y cuantitativa que se sustenta a continuación:

##### - **Experimental**

La investigación experimental se refiere a aquella en la cual el investigador manipula algunas condiciones, características o fenómenos del objeto o sujeto de estudio, tratando de causar algún cambio en dichas condiciones, es decir, el investigador altera, modifica, cambia, varía, etc., algo para obtener un resultado diferente a la condición original. (**Wang, 2004**).

Por lo general se plantea en los términos de la relación que existe entre dos o más variables (independiente y dependiente) y debe poder ser observada y probada en la realidad (**Salinas, 2010**)

El investigador actúa de manera consciente para conocer y determinar los efectos producidos por sí mismo con la finalidad de probar la hipótesis planteada.

##### - **Cuantitativa**

Permite evaluar los datos de manera científica o de forma numérica con ayuda de la estadística. Se necesita que entre los elementos de la investigación exista una relación y que se pueda delimitar y saber dónde se inicia el problema y cuál es su dirección. Usa la metodología descriptiva, analítica y experimental. (**Wang, 2004**)



### 3.2. Diseño de investigación:

Ésta investigación es de tipo experimental y transversal.

Diseño experimental, porque se caracteriza por tener un alto grado de control de las variables y porque efectúan asignación aleatoria de los sujetos a los grupos (experimental y control) participantes en la investigación. Se caracteriza porque se manipula intencionalmente la variable independiente (Proporción y tiempo de retención del tiempo de floculación) para conocer qué efectos produce esta en la variable dependiente (remoción de sólidos totales) y así conocer los cambios que se generan en el post tratamiento. **(Bernal, 2010)**.

Diseño transversal porque según **(Ancona, 2001)** la recogida de información se lleva a cabo de una sola vez, aunque se incluyan circunstancias temporales o contextos ambientales diferentes.

### 3.3. Área de investigación

El estudio se ejecutó en las aguas del río San Lucas – Cajamarca, las muestras de agua fueron tomadas en las 3 partes principales del río: aguas arriba (Urubamba), medias (río San Lucas) y aguas abajo (5 esquinas).

Mapa N° 1. *Ubicación del río San Lucas Provincia de Cajamarca:*



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO	
FACULTAD DE INGENIERIA	
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL Y PREVENCIÓN DE RIESGOS	
TITULO: EFECTO DE REMOCION DE LOS SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES EN FUNCION DE LA CONCENTRACION DEL FLOCULANTE Y TIEMPO DE FLOCULACION DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL RIO SAN LUCAS-CAJAMARCA 2020.	
ASESOR: ING. GARY CHRISTIAN FARFAN CHILUCAUS	
TESISTAS:	NUMERO: 01
TAMARA YOSELIN CHILN CHIL	
CIEZA DE LA CRUZ LUIS JEFFERSON	

### **3.4. Población**

Aguas del río San Lucas- Cajamarca- 38,000 habitantes y existe un caudal promedio máximo de 22.72 m<sup>3</sup>/s.

### **3.5. Muestra**

20 litros de agua residual del río San Lucas – Cajamarca y 38000 habitantes.

#### **a) Criterios de Muestra**

- Se Utilizo 20 Litros de agua con el fin de utilizar estas aguas residuales en 6 frascos mediante la Prueba de Jarras para identificar las Bacterias, Coliformes totales y Solidos suspendidos totales.
- Se Utilizo en el Caudal la parte Central del Río San Lucas, ya que en la fecha que se tomo la muestra era tiempo de sequía y por lo tanto el caudal con mayor fluides se situaba en la parte central.
- Se tomó las muestras en frascos de 5 litros luego de ser tomada la muestra se procedió a tapar el frasco y ponerlo en el culer correspondiente para ser llevados a su análisis en el laboratorio de la DESA.
- Se tomó la muestra en la Mañana y en La tarde ya que por motivo de trabajo mi compañera y yo nos turnamos para hacer el muestreó correspondiente

### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **a) Determinación del efecto de la remoción de los sólidos suspendidos**

- Para determinar la remoción de sólidos suspendidos en el sistema de tratamiento de aguas residuales, fue necesario primero recaudar la información disponible. Las fuentes de información más importantes fueron: Información histórica sobre el río San Lucas –Cajamarca. Información cartográfica y planos (EMSERPA) Reportes publicados, estudios y datos (EMSERPA) Consulta de la diferente literatura citada.

#### **b) Selección de los Puntos de Monitoreo**

La recolección del agua fue obtenida del río San Lucas – Cajamarca siguiendo el protocolo de monitoreo de agua. Se monitoreo en 3 puntos diferentes a lo largo del río San Lucas-Cajamarca:

- Punto (H<sub>1</sub>- Río San Lucas): Se recolectó el agua cerca al Puente de 5 esquinas.
- Punto (A2-Huanuco): Se recolectó la muestra de agua en el cauce que pasa por Urubamba.
- Punto (P3- La Colmena): Se recolectó el agua antes de desembocar al río de la Colmena.

Para obtener los resultados esperados en este estudio, se definieron dos puntos de muestreo:

- Entrada del sistema de tratamiento de aguas residuales del rio San Lucas-Cajamarca.
- Salida del sistema de tratamiento de aguas residuales del rio San Lucas-Cajamarca- concentración del floculante.

Se codificó cada muestra de forma sencilla, indicando el lugar, fecha y hora de la toma de muestra. La recolección para la toma de muestra se utilizó frascos que el mismo laboratorio suministró según el protocolo de toma de muestras. Se utilizó un cooler con refrigerante para la conservación y almacenaje a fin de mantener al interior una temperatura adecuada para asegurar su traslado al laboratorio.

También se recolectó agua en baldes de 5 litros en cada punto se recolecto 20L de agua, para luego utilizarlas en el proceso de la prueba de jarras que se trabajó en el laboratorio de la Dirección de salud Ambiental (DESA) para identificar los Análisis de las Bacterias, Solidos suspendidos totales y Coliformes Totales.

**Tabla 1. Ubicación de las 3 estaciones de muestreo**

PUNTOS	COORDENADAS UTM	
	Norte	Este
H1- rio San Lucas	7°9'51.8 5"	78°28' 43.06
A2- Urubamba	9255665	772045
P3-La Colmena	9256746	773519

Fuente: Elaboración propia.

**c) Realización del proceso de la prueba de jarras:**

En este trabajo se desarrolla la prueba de jarras, con ayuda de floculación. El objeto es determinar la remoción de turbiedad, no como una prueba definitiva de determinación de los valores óptimos, sino como un primer estudio que permitiría un posterior estudio riguroso de prueba de jarras que forma parte del trabajo futuro. En dicho futuro estudio riguroso, los ensayos serían en menor número y serían en las variables más relevantes.

La presente investigación se realizó a nivel laboratorio y se llevó a cabo los siguientes pasos:

- Se utilizó una balanza analítica para pesar el análisis del agua en 3 proporciones diferentes (25g, 50g y 75g).
- Se midió 1 litro de muestra de agua del balde en una probeta previa agitación.
- En un vaso precipitado de 2 litros se agregó el agua residual y la muestra de agua.
- Se utilizó un agitador magnético para la agitación de la muestra a una revolución de 400 rpm y a una temperatura ambiente en diferentes tiempos (30 min, 60 min y 90 min), obteniendo el siguiente registro.

**Tabla 2. Registro del agua tratada del punto 1 – rio San Lucas:**

Punto	Tiempo	Masa	Volumen	Entrada – salida	Fecha	Registro
	(min)	(g)	(L)			
		25		10:15am-3:14pm	16-10-20	X
	30 minutos	50	1	12:54pm-4:54pm	14-10-20	X
		75		1:12pm-1:32pm	16-10-20	X
H1-		25		8:14am-3:24pm	16-10-20	X
Rio San Lucas	60 minutos	50	1	10:02am-5:02pm	15-10-20	X
		75		8:50am-4:50pm	17-10-20	X
		25		7:05pm-7:05am	15-10-20	X
	90 minutos	50	1	8:30pm-8:30am	14-10-20	X
		75		8:10pm-8:10am	16-10-20	X

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 3. Registro del agua tratada del punto 2 – Urubamba:**

Punto	Tiempo	Masa	Volumen	Entrada – salida	Fecha	Registro
	(min)	(g)	(L)			
		25		3:33pm- 7:33pm	16-09-20	X
	30 min	50	1	7:30am- 11:30am	18-09-20	X
		75		12:19pm- 4:19pm	17-09-20	X
A2-		25		8:50am- 4:50pm	24-09-20	X
	60 min	50	1	8:25am- 4:25pm	24-09-20	X
		75		9:25am- 5:25pm	25-10-20	X
		25		7:50pm- 7:50am	23-10-20	X
	90 min	50	1	7:06pm- 7:06am	17-10-20	X
		75		9:09pm- 9:09am	24-10-20	X

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 4. Registro del agua tratada del punto 3 – La Colmena:**

Punto	Tiempo	Masa	Volúmen	Entrada – salida	Fecha	Registro
	(min)	(g)	(L)			
		25		7:36am-11:36am	18-09-20	X
	30 Min	50	1	3:45pm-7:45pm	23-10-20	X
		75		4:50pm-8:50pm	24-09-20	X
		25		10:03am-6:03pm	25-09-20	X
P3	60 Min	50	1	10:47am-6:47pm	26-09-20	X
		75		7:55am-3:55pm	27-09-20	X
		25		6:55pm-6:55am	26-09-20	X
	90 Min	50	1	8:40am-8:40pm	28-09-20	X
		75		8:30am-8:30pm	29-09-20	X

Fuente: Elaboración propia.

### 3.6.1. Instrumentos.

**Tabla 5. Instrumentos, equipos y materiales :**

INSTRUMENTOS Y EQUIPOS	MATERIALES
Balanza analítica	Equipo de jarras.
Turbidímetro	Estufa
Termómetro	Frascos esterilizados
Conductímetro	Couller
PH metro	Guantes quirúrgicos
Cronometro	Vasos beaker de 100 a 10000 ml.
	Baldes
	Tubos de ensayo
	Probetas
	Pipetas
	Matraces tipo Erlenmeyer
	Mascarilla
	Protector facial
	Guardapolvo
	Libreta de campo



### 3.7. Técnicas para el procesamiento y análisis de datos

- Para el análisis de datos se encontró el porcentaje de la concentración del floculante mediante la concentración inicial y final para luego ser sometido a un análisis de varianza con un nivel de significancia de 95% con un margen de error de  $\pm 5$ , los datos fueron analizados mediante la prueba de jarras en el programa estadístico Minitab 19.
- Para la remoción de los sólidos suspendidos totales con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) fueron analizados mediante la prueba de jarras con un nivel de significancia de 95% con un margen de error de  $\pm 5$ .

### 3.8. Interpretación de datos

Las técnicas de investigación que se utilizó fueron las siguientes:

- **ANOVA:** Un Análisis de Varianza (ANOVA) prueba la hipótesis de que las medias de dos o más poblaciones son iguales. Los ANOVA evalúan la importancia de uno o más factores al comparar las medias de la variable de respuesta en los diferentes niveles de los factores. La hipótesis nula establece que todas las medias de la población (medias de los niveles de los factores) son iguales mientras que la hipótesis alternativa establece que al menos una es diferente (Minitab, 2019).

- **PRUEBA DE JARRAS:** Se utiliza en una mezcla de procesos unitarios que se diseñan con el fin de lograr un objetivo final, que puede ser; un aprovechamiento, un vertimiento al alcantarillado, un vertimiento a un cuerpo de agua o un retorno al proceso productivo. Para lograr estos propósitos se recomienda tener en cuenta las pautas de selección de procesos de tratamiento de aguas residuales presentadas por Romero, tales como (Romero Rojas, 2004).

## CAPÍTULO IV

### 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Presentación de Resultados:

Los resultados de los experimentos desarrollados para la presente investigación se presentan en la tabla 6 “Resultados del porcentaje de concentración de floculante”.

**Tabla 6. Porcentaje de concentración de floculante:**

Tiempo de Floculación (minutos)	30 minutos			60 minutos			90 minutos		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
2%	25%	25.01%	26.3%	19.89%	20.3%	19.5%	9.98%	10.06%	10.2%
4%	8.63%	8.57%	8.55%	6.89%	6.7%	6.73%	4.89%	5%	4.9%
6%	4%	4.02%	3.99%	1.74%	1.8%	1.77%	0.06%	0.07%	0.07%

*Fuente:* Elaboración propia.

#### INTERPRETACION:

Son interacciones lo cual se refiere que el 2% del floculante en 30 minutos en el R1, R2 Y R3 son repeticiones, con respecto a los Datos Estadísticos se refiere que desde el 25% del R1 con el 2% del floculante hasta el R3 con el 6 % que es 0.07 son Porcentajes de la Remoción de los Sólidos Suspendidos Totales.

## 4.2. Análisis e interpretación de resultados

### 4.2.1. Análisis e interpretación de resultados de la concentración del floculante:

De acuerdo a los resultados obtenidos se realiza la evaluación de la influencia del tiempo de retención y floculación sobre la remoción de solidos suspendidos, lo cual se mide mediante la floculación.

#### 4.2.1.1. Análisis de varianza de la proporción en el % floculante:

**Tabla 7: Análisis de varianza efecto de proporción floculante.**

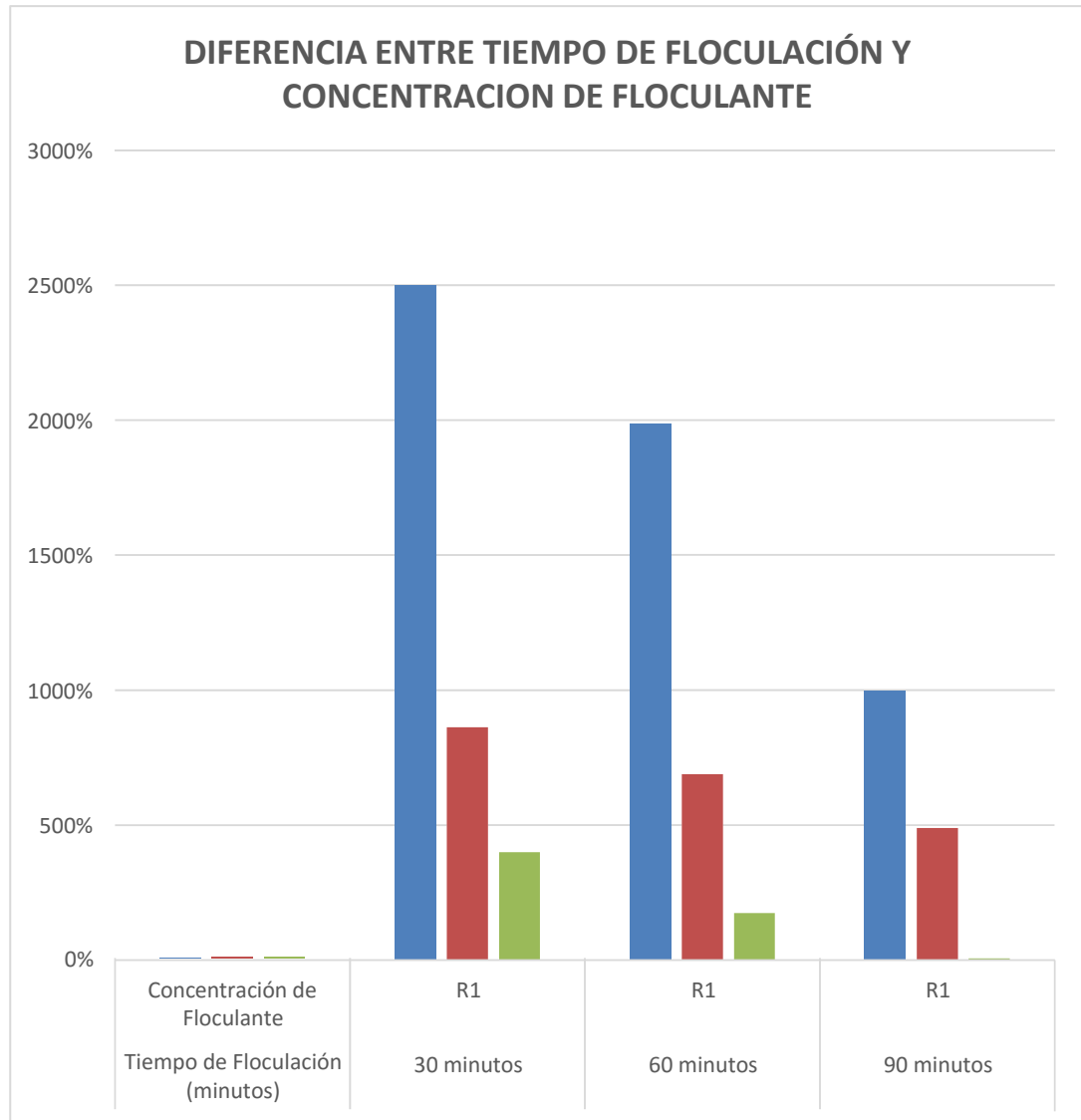
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor critico
<b>Entre grupos</b>	266.1106667	8	33.26383333	0.41303532	0.896874399	2.510157895
<b>Dentro de los grupos</b>	1441714133	18	80.0922963			
<b>Total</b>	1707.8242	26				

*Fuente:* Elaboración propia

### INTERPRETACIÓN:

Aquí se trabajo a través del método del Anova lo cual es un test estadístico que sirve para comparar las medias de uno o más grupos. Como podemos observar contamos con los 3 grupos estudiados (análisis de varianza, frecuencia y valor crítico.) lo cual la frecuencia nos dio como resultado 0.41303532 % que es menor al valor crítico que es 2.510157895 %.

**Gráfico 1.** Diferencias del tiempo de floculación y concentración de floculante por minutos en R1:



Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:**

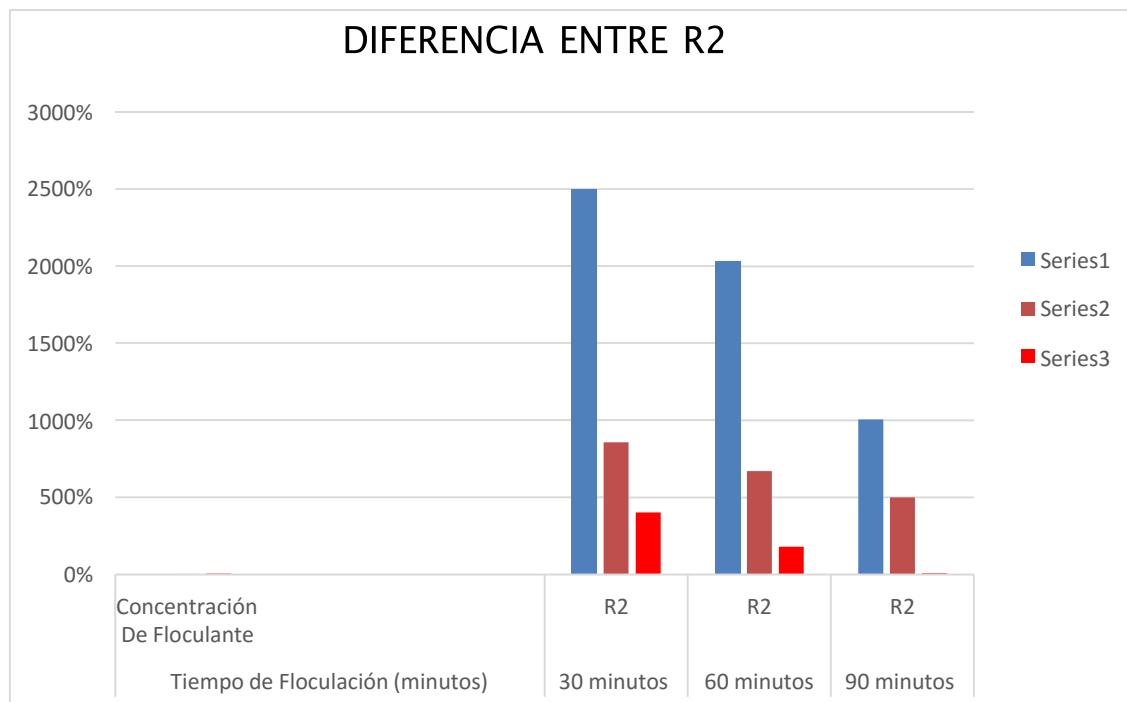
Como podemos ver en el gráfico 1, en los 30 minutos del R1 es mayor en el porcentaje de concentración del floculante es del 25%, también se puede observar que todos los intervalos contienen cero por lo tanto las medias son significativamente iguales.

#### 4.2.1.1. Análisis de varianza del tiempo y concentración del floculante:

**Tabla 8. Análisis de varianza de efecto tiempo:**

Tiempo de Floculación (minutos)	30 minutos			60 minutos			90 minutos		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
2%	25%	25.01%	26.3%	19.89%	20.3%	19.5%	9.98%	10.06%	10.2%
4%	8.63%	8.57%	8.55%	6.89%	6.7%	6.73%	4.89%	5%	4.9%
6%	4%	4.02%	3.99%	1.74%	1.8%	1.77%	0.06%	0.07%	0.07%

**Gráfico 2: Interacción del tiempo y proporción en el % de floculante:**

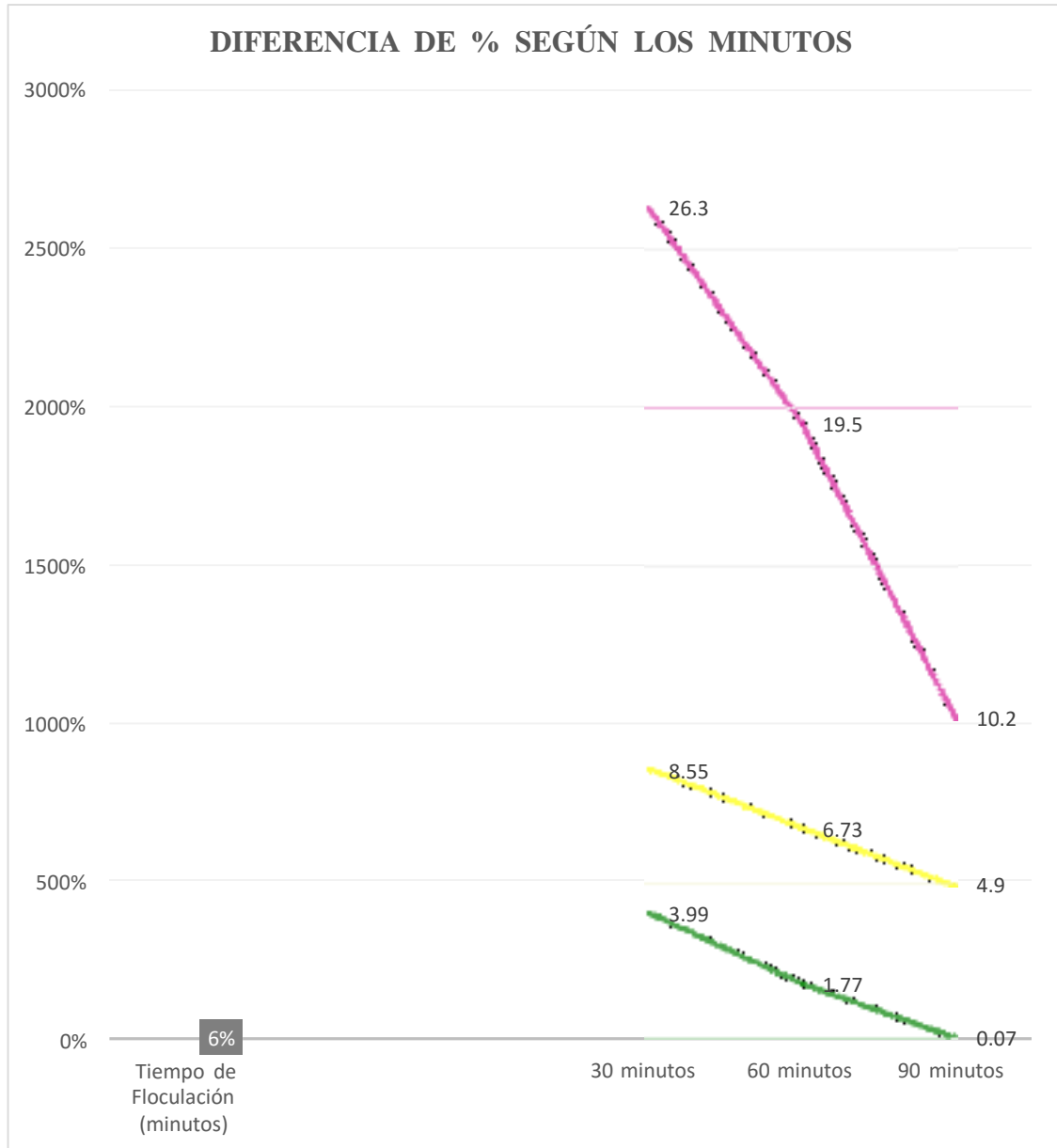


**Fuente:** Elaboración Propia

#### **Interpretación:**

Para tiempo y proporción no hay interacción entre estos factores, para 90 minutos es menor, se tiene un p valor de 0.535 en el que no presenta influencia ya que el nivel de significancia debe ser  $\leq 0.05$ .

**GRAFICO 3:** Diferencia de porcentaje según los minutos en el R3:



Fuente: Elaboración propia

**INTERPRETACIÓN:**

Como se observó en el gráfico 3 hemos trabajado con tres tiempos diferentes de (30,60 y 90 min) ya que en los 30 minutos del R3 es mayor en el porcentaje de concentración del floculante que los otro tiempos con un porcentaje de 26.3% para la remoción de los Sólidos suspendidos totales.

**Tabla 9. Análisis de varianza del factor promedio:**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	266.1106667	8	33.26383333	0.415303552	0.896874399	2.510157895
Dentro de los grupos	1441.714133	18	80.09522963			
Total	1707.8248	26				
<b>F</b>						<b>Valor crítico para F</b>
0.415303552				<		2.510157895

Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación:**

Se puede ver que los resultados del análisis de varianza en total de la concentración del floculante y el tiempo de floculación hemos llegado a concluir que existe un efecto significativo en la proporción por ese motivo F (0.415303552) es menor que el valor crítico que es 2.510157895.



**Resultados fisicoquímicos del rio San Lucas:**

Parámetros	Época seca
	Parte baja
Velocidad media	0.5 m/s
Anchura media	3.8m
Profundidad media	0.13 m
Caudal de agua.	0.25 m/s
Conductividad (Us/cm)	-
Oxígeno disuelto(mg/l)	-
PH	4.5
Temperatura ( °C)	17°C

**Estándares de Calidad Ambiental para Agua MINAM**

Categoría	Descripción	Subcategoría	Descripción
Categoría 1-A	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable	A1	Agua que puede ser potabilizada con desinfección
		A2	Agua que puede ser potabilizada con tratamiento convencional
		A3	Agua que puede ser potabilizada con tratamiento avanzado.

### 4.3. Discusión de resultados:

A partir de los resultados de la investigación se verificó que los rangos óptimos según los estándares de calidad ambiental, nuestra investigación dio como resultado, en la (Categoría 1-A) y en la subcategoría A3( Agua que puede ser potabilizada con tratamiento avanzado para agua) este resultado demuestra que según el MINAM (2017) están orientados a proteger el ambiente y la salud y establecen objetivos de calidad que deben ser cumplidos por los diversos titulares de actividades económicas de diversos sectores, y contienen parámetros para determinar el uso que puede darse a un cuerpo de agua.

A partir de los resultados obtenidos se verifica que la proporción en los niveles evaluados no es una influencia según la evaluación de efectos principales y el análisis de varianza es 87.49%, lo que significa que es menor en las proporciones estudiadas, este resultado demuestra que según Macloni (2014), determinó en base a los resultados obtenidos que el sistema propuesto para el tratamiento de aguas residuales alcanzará un análisis de varianza de 88.62 %.

Respecto al tiempo en el caso de la concentración del floculante y los sólidos suspendidos totales no existe un efecto significativo, a diferencia del tiempo de formación del floculante que es mucho más rápido que el coagulante químico estudiado, el pH fue 4,5 y la temperatura fue 17°C. Según el autor Choumane en el año (2017) observó que el pH es 7,49 ya que la contaminación causada por las aguas residuales es un problema, sobre el medio ambiente con el fin de reducir los efectos negativos de estos contaminantes.

Se trabajó con 3 tiempos diferentes (30 minutos, 60 minutos y 90 minutos) y se demostró que ninguno de estos tiempos es estadísticamente significativo para la concentración del floculante, ya que el autor Ojeda en el año (2012) determino la eficiencia del coagulantefloculante por el método descrito por Córdova posterior a ello se realizó el test de jarras con los que se determinó la concentración del floculantees aplicado a la turbiedad, el color y el pH resultante.

De la hipótesis planteada: el aumento de la concentración del floculante y tiempo de floculación permite una mayor remoción de los sólidos suspendidos totales de las aguas residuales del rio San Lucas-Cajamarca 2020 en el tiempo de 30 minutos es mayor que todos los resultados con un 26.3. Dado el estudio realizado como resultado dimos que el pH es 4.5 en época seca lo cual no es considerable. Ya que Fleten+9 en el año (2011) dijo que, para contrarrestar los problemas de contaminación en el agua, en la actualidad se han utilizado procesos fisicoquímicos de coagulación y floculación a partir de sales químicas las cuales incluyen alumbre, cloruro férrico y cloruro de poli aluminio, como también polímeros orgánicos sintéticos. Ser eficientes en procesos de coagulación - floculación, sin embargo, presenta desventajas como los costos de adquisición, afectan significativamente el PH del agua tratada, producen altas cantidades de lodos, lo cual genera impactos en el medio ambiente

En nuestro proyecto analizamos el test de jarras teniendo en cuenta los sólidos totales y el tiempo de floculación ya que aumento según los minutos y el porcentaje dado ya que en 60 minutos dio como resultado un 19.89 %, en este caso el autor Ojeda en el año (2012) tuvo como objetivo determinar la eficiencia de un coagulante – floculante, el método descrito por Córdova posterior a ello se realizó el test de jarras, con los que se determinó la concentración y dosis optima de la solución a ser aplicada, evaluando su turbiedad, color y pH, residual, adicionalmente se varió la temperatura, pH, velocidad y mezcla lenta.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- De acuerdo a los resultados del análisis de varianza, se determinó que existe estadísticamente un efecto significativo en la proporción del tiempo de floculación y el total de la concentración del floculante que da como resultado que  $F (0.415303552)$  es menor que el valor crítico que dio como resultado 2.510157895 obtenidas de las aguas residuales del río San Lucas –Cajamarca 2020.
- Se determinó que los rangos óptimos para el tipo de agua según el estándar de calidad del agua (ECAS) en la remoción de los sólidos suspendidos totales fueron analizados mediante la prueba de jarras con el fin de lograr un objetivo final que puede ser un aprovechamiento para así lograr nuestro propósito ya que se obtuvo un nivel de significancia de 95% que dio como resultado con un margen de error de +/-5 en las proporciones tomadas de las aguas residuales en dichos puntos tomados.
- Se concluye que uno de los problemas más críticos que enfrenta la ciudad de Cajamarca es de los que se encuentra altamente contaminada por la emisión de desechos de desagüe ,residuos sólidos , materia orgánica e inorgánica, ya que se comprobó la efectividad en las aguas residuales de los coagulantes y floculantes que existen en el río San Lucas –Cajamarca, ya que el nivel de contaminación es la alteración de los residuos originados por las

Acciones y actividades humanas que se determina con los gérmenes en el ecosistema., ya que hoy en día se busca utilizar tecnologías más amigables con el medio ambiente y disminuir la contaminación.

## 5.2. Recomendaciones

- Se sugiere aplicar una tecnología de floculantes realizando una previa separación de residuos sólidos del agua en el estudio ya que se pondrán a prueba en el proceso y así evitar la contaminación de las aguas.
- Se recomienda evaluar los efectos generados por el ser humano, después del proceso de coagulación y floculación de manera que se pueda considerar un método ambientalmente responsable para desecharlo.
- Se debe realizar estudios de floculación y coagulación considerando los demás factores como son temperatura, pH, tipo y variedad de residuos sólidos para ver si estos influyen en la calidad del agua en el río San Lucas.
- Promover el uso de tecnologías limpias para conservar el ambiente natural y los recursos, y frenar los impactos negativos de la involucración humana.

## REFERENCIAS

Castrillón y Giraldo (2012). *Determinación de las dosis óptimas de 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.*

Macloni (2014). *Reglamento de las descargas reusó de aguas residuales.*

Mondragón (2014). *Análisis de la operatividad del sistema de tratamiento de aguas residuales en el continuo urbano de Trujillo-Perú.*

Rasouli (2017) *Identificación de las aguas residuales oleosas son las grandes amenazas para el medio ambiente, los animales y las plantas debido al alto contenido orgánico peligroso Venezuela.*

Flaten (2011). *Problemas de contaminación en el agua, en la actualidad utilizada en procesos fisicoquímicos de coagulación y floculación a partir de sales químicas las cuales incluyen alumbre, cloruro férrico y cloruro de poli aluminio.*

Macloni (2014). *Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales para el municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz.*

(González, 2008). *Producción de la neutralización parcial de la alcalinidad silicato de sodio en solución.*



(Wang, 2004). *Evaluación de los datos de manera científica o de forma numérica con ayuda de la estadística que permite delimitar el problema en la metodología descriptiva, analítica y experimental de los floculantes.*

Choumane (2017) *Contaminación causada por las aguas residuales es un problema grave en Argelia.*

Arboleda (2000). *Purificación del agua potable y usos del sulfato de aluminio amoniacal y el cloruro de poli aluminio.*

Editor (2010). *Contaminación determinada en el origen del vertido industrial para valorar su carga contaminante e incidencia en el medio receptor.*

Seda pal (2009). *Sistema de dosificación de un caudal constante y regulable en las condiciones de mezcla del coagulante con el agua es la mejor mezcla del coagulante en su totalidad a la masa de agua.*

Damián y Silva (2016). *Proceso de la coagulación por medio de la agitación de las partículas desestabilizadas que forman grandes partículas estables o aglomerados.*

Luo (2013). *Proyecto de los cuatro modelos diferentes para la estimación de la dosificación de coagulante, basados en la implementación de técnicas de inteligencia computacional, dentro de los cuales se incluyen las RNA.*

Bolto y Gregory (2007). *Coagulantes orgánicos solubles en agua basados en unidades repetidas de varios monómeros tales como el ácido acrílico, en Lima.*

Van Bremen (2001). *Floculantes orgánicos obtenidos por asociación de monómeros sintéticos y clasificación de la ionizada de los polímeros aniónicos.*

Arnal (2006). *Ventajas y desventajas de los coagulantes empleados en la clarificación del agua.*

Colín, B., & Cann, M. (2014). *Técnicas para el procesamiento y análisis de datos para el análisis de datos se encontró el porcentaje de la concentración del floculante mediante la concentración inicial y final Química Ambiental. Barcelona: 2ª ed.*

Wang (2004). *Investigación experimental se refiere en el investigador, características o fenómenos del objeto o sujeto de estudio, para obtener un resultado diferente a la condición original, Lima.*

Miller (2008). *Utilidades, usos y propiedades del ensayo de jarras en los floculantes y coagulantes.*

Cárdenas (2000-16). *Factores que intervienen en la coagulación, pH, temperatura, dosis del coagulante.*

Minitab (2019). *Interpretación de datos. Método de anova y prueba de jarras. España: 3ra. Ed. España.*

- Gonzales (2008). *Clasificación de floculantes según su naturaleza química y los floculantes inorgánicos y orgánicos.*
- Carpinteyro, s (2011). *Tratamiento de aguas residuales empleando polímeros naturales y biodegradables.*
- Andia, y, (2000). *Tratamiento de agua, coagulación y floculación.*
- Decreto supremo N° 021-2009-vivienda, *diario oficial el peruano, aprueban valores máximos admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no urbanos.*
- Rodríguez Ramírez, Carol y Zapata Jáuregui, *Influencia del pH, concentración del coagulante a base de aluminio y floculante de la remoción de sólidos suspendidos, demanda química y biológica de oxígeno de efluentes. (Ingeniería Ambiental) universidad nacional de Trujillo 2015.*
- Superintendencia nacional de servicios de saneamiento (SUNASS). *Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades de servicio de saneamiento.*
- Wang, lower, Young – TSE Hong ishmmas, nazi. *Pshisicochemican. Tratament proceses – coagulación y floculación. Handbook of enviro mental ingeneeing.*

Aguilar M; Sáez J; Lloréns M; Sler A Ortuño J.F; *Mesenguer V. y fuentes. Improvement of coagulation – flocculation process using anionic polyacrylamide as coagulant.* Vargas. L (2004). *Tratamiento del agua del consumo humano.*

*Plantas de filtración rápida recuperado de*

*[Http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/manual/tomo/ma1\\_indice.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/manual/tomo/ma1_indice.pdf)*

Deamas Duarte, D. y Ramírez Hernández, L (2015). *Remoción de nutrientes mediante coagulantes naturales y químicos en planta de tratamiento de aguas naturales* .<https://DOI.org/10.22490/21456453.1415>.

Díaz Claros, J. (2014) .*Coagulantes-floculantes e inorgánicos elaborados de plantas de tratamiento de guías residuales contaminadas* <http://www.cervantesvirtual.com/obra/coagulantes-floculantes.com>.

Domínguez morocho, M. F (2010). Optimización De la coagulación –floculación en la planta de tratamiento de la sede El milagro.

Duran, Z, Roa, R Coronel, D y Alvarado, A (2017) Análisis del proceso de coagulación de agua residual usando un coagulante residual y un coagulante químico

Fuqueni yate, D.M. (2017). Guía para el desarrollo del componente práctico de plantas de tratamiento de aguas residuales.

Gómez Puentes, N. A (2005). *Remoción de materia orgánica de coagulación –floculación.*

Navarro, N (2015). Ingeniería de servicios ambientales –ISA.

[http://www.edutecne.utm.edu.ar/energia\\_aguas\\_residuales/energia\\_aguas\\_residuales.pdf](http://www.edutecne.utm.edu.ar/energia_aguas_residuales/energia_aguas_residuales.pdf).

COGOLLO, J. AND RHENALS, A. *Optimización del proceso de clarificación en la planta de tratamiento de aguas de una embotelladora de bebidas. Montería [Trabajo de Grado Ingeniero de Alimentos]. Montería: Universidad de Córdoba, 2003.*

AGUILAR M., SÁEZ J., LLORENS M., SOLER A., ORTUÑO J.F., MESEGUER V. y FUENTES A. *Improvement of coagulation- flocculation process using anionic polyacrylamide as coagulant aid. Chemosphere, (58): 47- 56.*

Romero, J. (2004). *Tratamiento de Agua Residuales, Teoría y Principios de Diseño, 3ra ed. Bogotá: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.*

AHUMADA, R., RUDOLPH, A., and CONTRERAS, S. *Evaluation of Coastal Waters Receiving Fish Processing Waste: Lota Hay as a Case Study. Environmental Monitoring and Assessment. Vol. 90, No. 1-3, 2004, pp. 89-99.*

AGUILAR, M.I., SAENZ, J., LLORENS, M., SOLER, A., y ORTUÑO, J.F. *Tratamiento físico-químico de aguas residuales: coagulación-floculación. Murcia, España: Universidad de Murcia, 2002, pp. 160-162.*

SHEN, YH. AND DEMPSEY, B. *Synthesis and speciation of polyaluminum chloride for wáter treatment. Environment International, 24 (8), 899910, 1998.*

GARCIA TRUJILLO, Zarela Milagros. *Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas. Tesis (Ingeniero Sanitario) Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2012.12 p.*

- HAYDAR, Sajjad y AZIZ, Javed. *Coagulation-flocculation studies of tannery wastewater using combination of alum with cationic and anionic polymers. Journal of Azarados Materials, (168): 1035- 1040*
- PRADILLA, F. *Clarificación de aguas. Documento técnico. Química Nalco de Colombia S.A, Barranquilla, 1994.*
- KIRCHMER, C.J., ARBOLEDA, J.V. y CASTRO, M. *Polímeros naturales y su aplicación como ayudantes de floculación. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 1975.*
- LAFLEUR, C., FORTIER, J., KHAROUNE L., ET KHAROUNE, M. *Évaluation d'un Proceed de coagulation flocculation au chitosan pour l'enlèvement du phosphore dans les effluents piscicoles. Québec: Société de Développement de industrie Maricole Inc. École de Tecnología Supérieure, 2008.*
- LINN, H., TINT K., and MYA, O. *Treatment of Wastewater in Recycled Paper Industry using Biopolymers. International Conference on Sustainable Development: Issues and Prospects for te GMS. Myanma: Department of Chemical Engineering, Mandalay Technological University, 2008.*
- Hughes, I., & Haze, T. (2010). *Mediciones y sus incertidumbres*. New York: OXFORD - University Pres.
- KUMAR VERMA, Akshaya; DASH, Rajesh y BHUNIA, Puspendu. *A review on chemical coagulation/flocculation technologies for removal of color from textile wastewaters.*
- METCALF & EDDY. *Wastewater Engineering Treatment and reuse. 4° ed. 2003.*

- OMS, O. M. (23 de agosto de 2018). Intoxicación por plomo y salud. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>*
- Oré, F., Lavado, C., & Bendezú, S. (2015). Biosorción de Pb (II) de aguas residuales de mina usando el maro de maíz. Química Del Perú, 122-134.*
- BUSTILLO-LECOMPTE, Ciro y MEHRVAR, Mehrab. Slaughterhouse wastewater characteristics, treatment, and management in the meat processing industry: A review on trends and advances. Journal of Environmental Management (161): 287- 302, 2015.*
- Paliwal, R. (2001). Introducción al maíz y su importancia. El maíz en los trópicos mejoramiento y producción. Producción y protección vegetal, 1-3.*
- AHMAD A., WONG S., TENG T., ZUHAIRI A. Improvement of alum and PAC 1 Coagulation by polyacrylamides (PAMs) for the treatment of pulp and paper mill wastewater. Chemical Engineering Journal.*
- CABRERA, C. Estudio de la contaminación de las aguas costeras en la bahía de Chancay: propuesta de recuperación. Tesis. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2002.*
- FAIR, M., GEYER, J., and OKUN, D. Purificación de aguas y tratamiento y remoción de aguas residuales. México, DF: Ed. Limusa-Wiley, S.A., 1993, 764. Ramirez, J. (2008). El Hierro. Colombia.*
- KIRCHMER, C.J., ARBOLEDA, J.V. y CASTRO, M. Polímeros naturales y su aplicación como ayudantes de floculación. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 1975*
- LAFLEUR, C., FORTIER, J., KHAROUNE L., ET KHAROUNE, M. Évaluation d'un procédé de coagulation floculation au chitosane pour l'enlèvement du phosphore dans les effluents piscicoles. Québec: Société de Développement de l'Industrie Maricole Inc. École de Technologie Supérieure, 2008.*

- MÉNDEZ, O. I. Diseño e implementación de mejoras al proceso de tratamiento aplicado a las aguas residuales provenientes de la producción de harina de pescado. Tesis. Mazatlán, México: Instituto Tecnológico de Mazatlán, 2009.*
- Zar, H. Biostatistical Analysis. Department of Biological Sciences. Second edition. New Jersey: Northern Illinois University, Prentice Hall, 1984*
- NMX-AA-034-SCFI-2001. Norma Oficial Mexicana. Análisis de agua. Determinación de sólidos y sales disueltas en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. Método de prueba. México, DF: Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, Diario Oficial de la Federación, 1° de agosto de 2001.*
- FAIR, M., GEYER, J., and OKUN, D. Purificación de aguas y tratamiento y remoción de aguas residuales. México, DF: Ed. Limusa-Wiley, S.A., 1993, 764.*
- ATSDR. Toxicological Profile for Aluminum. Atlanta: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2008, 305.*
- WANG, Y., ZHOU, WZ. GAO, BY. XU, XM. AND XU, GY. The effect of total hardness on the coagulation performance of aluminum salts with different Al species. Separation and Purification Tecnología, 66, 457462, 2009.*
- Suarez, j. Coagulación – Flocculación. Memorias Curso de Operadores de Plantas de Potabilización. Cali, Colombia, 136 – 167, noviembre de 1987.*
- COGOLLO, J. AND RHENALS, A. Optimización del proceso de clarificación en la planta de tratamiento de aguas de una embotelladora de bebidas. Montería [Trabajo de Grado Ingeniero de Alimentos]. Montería: Universidad de Córdoba, 2003.*
- SINHA, S., YOON, Y., AMY, G. AND YOON, J. Determining the effectiveness of conventional and alternative coagulants through effective characterization schemes. Chemosphere, 57, 1115 – 1122, 2004.*



## **LISTA DE ABREVIATURAS**

DIRESA: Dirección Regional de Salud

Ambiental

LMP: Límite Máximo Permisible

ECA: Estándar de Calidad Ambiental

LCM: Límite de cuantificación del método

SST: Solidos suspendidos totales

MINAM: Ministerio del Ambiente OMS:

Organización Mundial de la Salud

DS: Decreto Supremo.

DBO: Demanda química de oxígeno

PH: Potencial de hidrógeno.

## GLOSARIO

**Residuos sólidos suspendidos:** Los sólidos suspendidos totales o el residuo no filtrable de una muestra de agua natural o residual industrial o doméstica, se definen como la porción de sólidos retenidos por un filtro de fibra de vidrio que posteriormente se seca a 103-105°C hasta peso constante.

**Solución acuosa.** Preparación líquida que contiene una o más sustancias químicas solubles disueltas en agua.

**Alteración química.** Son los procesos de deterioro de tipo químico pueden definirse como aquellos que implican un cambio en la composición química global y/o mineralógica de la roca original.

**Solución acuosa:** preparación líquida que contiene una o más sustancias químicas solubles disueltas en agua.

## ANEXOS

**Anexo A:** Recolección de las muestras de agua del río San Lucas – Cajamarca en las 3 estaciones.



Figura 1: Toma de muestras punto A-1



figura 2: Muestra recolectada en el Balde A-2



Figura 3: Toma de muestras punto P-2



figura 4: Recolección de la muestra en el Balde P-2



Figura n° 05: Punto de muestra en P-3



Figura n° 06: Recolección de la muestra en el Balde P-3



Figura n° 07: Río San Lucas



Figura n° 08: Recolección de muestra P-3



Figura 09: Muestras de las 3 estaciones para ser analizadas      Figura 17: Análisis del agua en el balde en el P-3



Figura 10: Muestras de las 3 estaciones en los frascos



**ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN FACTOR**

RESUMEN				
Grupos	Cuentas	Suma	Promedio	Varianza
P1	3	37,67	12,55666667	1,227396833
P2	3	28,52	9,506666667	87,49383333
P3	3	34,93	11,64333333	1,436723333

ANÁLISIS DE VARIANZA				
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F
Entre grupos	86,99555556	2	43,49777778	0,55897291
Dentro de los grupos	467,6074	6	77,93456667	
Total	554,6030556	8		

Análisis de Varianza de un Factor

Hoja3 Hoja1 Hoja4

### Análisis de varianza de un factor

RESUMEN	Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
	H1	3	37,63	12,54333333	121,7933333
	H2	3	37,6	12,53333333	121,9000000
	H3	3	38,84	12,94666667	138,9200000
	M1	3	28,52	9,506666667	87,48000000
	R2	3	28,8	9,6	81,87
	H3	3	29	9,666666667	83,67123333
	H1	3	14,08	4,693333333	24,00233333
	H2	3	15,13	5,043333333	26,05183333
	H3	3	15,17	5,056666667	26,07263333

ANÁLISIS DE VARIANZA	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F
Origen de las variaciones				
Entre grupos	26,11000000	8	3,263750000	0,415303552
Dentro de los grupos	1441,714333	18	80,09522961	
Total	1707,8248	26		

**F**  
0,415303552

Hoja3 Hoja1 Hoja4

Sólidos totales inicio (mg/L)	29,8	30,01	29,82
-------------------------------	------	-------	-------

Tiempo de Floculación (minutos)	30 minutos			60 minutos			90 minutos		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Concentración de Floculante									
2%	25	25,01	26,3	19,89	20,3	19,5	9,98	10,06	10,2
4%	8,63	8,57	8,55	6,89	6,7	6,73	4,89	5	4,9
6%	4	4,02	3,99	1,74	1,8	1,77	0,06	0,07	0,07

Análisis de Varianza del Tiempo de Floculación y concentración del floculante

**Anexo B:** preparación del Análisis microbiológico del agua.



Figura 11: Recepción de la muestra de agua contaminada



Figura 12: Análisis de los SST en el agua.



Figura 13: análisis de los microorganismos del agua



Figura 14: Vaso Precipitado con agua del Río San Lucas



Figura 15: Análisis de las Bacterias





Figura16: Medición de un litro de muestra de agua del Balde



Figura 17: Vaso precipitado en muestra de agua del Río San Lucas.



Figura 18: Utilización del Conductímetro



Figura 19: área de lectura de placas y tubos



Figura 20: Punto 2 del rio San Lucas.



Figura 21: Muestra de agua en el equipo de filtración



Figura 22: Muestreo del agua



Figura 23: Análisis biológico



Figura 24: Análisis bacteriológico.



Figura 25: Punto 3 Río San Lucas



Figura 26: balde con la muestra de agua para ser tomada y llevada al laboratorio para su análisis.