

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**  
**ESCUELA DE POSGRADO**  
**MAESTRIA EN ECOLOGIA Y GESTION AMBIENTAL**



**TRABAJO DE TESIS**

para optar el Grado Académico de Maestro en Ecología y Gestión  
Ambiental

**Estudio de caso:** Remoción del zinc del efluente de la mina Contonga  
mediante la coagulación y floculación.

**Autor:**

Bach. Alex Santiago, Uriarte Ortiz

**Asesor:**

Dr. Luis Hernando Begazo de Bedoya

LIMA-PERÚ

**2019**

PÁGINA DE JURADO

---

Mg. Blanca Flor Cerna Ventura  
Presidente

---

Mg. Edith Karina Huanca Flores  
Miembro

---

Dra. Arq. Claudia Marie Martina Nava Pereyra  
Miembro

---

Dr. Luis Hernando Begazo de Bedoya  
Asesor

## **Dedicatoria**

A Dios y al apóstol Santiago por siempre bendecirme y darme salud en esta vida, por guiarme a lo largo de nuestro caminar, por guiarme por el buen camino, ser mi fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

A mi madre Luzmila Ortiz Veizaga, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus enseñanzas, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien y haber logrado abrirme paso profesionalmente.

## **Agradecimiento**

A toda mi familia por su incondicional y constante apoyo en cada reto que asumo, por estar siempre acompañándome en los momentos difíciles y de alegría. ¡gracias a ustedes!

A mis amigos por apoyarme a ser perseverante en la consecución de la presente tesis.

Al Dr. Walter Gómez Lora, por su valioso aporte de conocimientos, ser guía, seguimiento y asesoramiento para la consecución de la presente tesis.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

PÁGINA DE JURADO .....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	v
LISTADO DE TABLAS .....	vii
LISTADO DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT.....	x
INTRODUCCION .....	11
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
1.1 Descripción del problema.....	14
1.2 Formulación del problema.....	15
1.2.1 Problema general .....	15
1.2.2 Problemas específicos.....	15
1.3 Importancia y justificación del estudio .....	16
1.3.1 Importancia .....	16
1.3.2 Justificación del estudio.....	16
1.4 Delimitación del estudio.....	17
1.4.1 Delimitación espacial.....	17
1.4.2 Delimitación social .....	17
1.4.3 Delimitación temporal .....	17
1.4.4 Delimitación conceptual .....	17
1.5 Objetivos de la investigación: .....	18
1.5.1 Objetivo general.....	18
1.5.2 Objetivos específicos .....	18
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO .....	20
2.1 Marco histórico.....	21
2.2 Investigaciones relacionadas con el tema.....	22
2.3 Estructura teórica y científica que sustenta el estudio.....	25
2.4 Definición de términos básicos .....	30
2.5 Variables.....	32
CAPITULO III: METODOLOGÍA DE ESTUDIO.....	34
3.1 Tipo de estudio .....	35
3.2 Diseño.....	35
3.3 Escenario de estudio .....	36
3.3.1 Localización.....	36
3.3.2 Ubicación .....	37
3.4 Caracterización de unidad de análisis .....	38

3.5	Trayectoria metodológica.....	38
3.6	Mapeo.....	39
3.7	Rigor científico.....	40
3.8	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	41
3.9	Descripción de procedimientos de análisis.....	41
CAPITULO IV: RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS.....		43
4.1	Resultados.....	44
4.1.1	Descripción de resultados.....	44
4.1.2	Entrevista.....	45
4.1.3	Observación.....	58
4.1.4	Análisis documental.....	59
4.1.5	Descripción de las categorías explicativas.....	60
4.2	Análisis de resultados o discusión.....	65
4.2.1	Categoría N° 1: Características de las partículas - C1.....	65
4.2.2	Categoría N° 2: Teoría de la coagulación – C2.....	66
4.2.3	Categoría N° 3: Practica de coagulación – C3.....	66
4.2.4	Categoría N° 4: Teoría de la floculación – C4.....	66
4.2.5	Categoría N° 5: Teoría de mezcla – C5.....	66
4.2.6	Categoría N° 6: Practica de mezcla – C6.....	67
4.2.7	Categoría N° 7: Operación y mantenimiento – C7.....	67
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		68
5.1	Conclusiones.....	69
5.1.1	Conclusión a nivel de las preguntas de investigación.....	69
5.1.2	Conclusión a nivel de marco teórico.....	72
5.1.3	Conclusión del caso de estudio.....	73
5.1.4	Conclusión a nivel metodológico.....	76
5.2	Recomendaciones.....	80
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		82
ANEXOS.....		86
ANEXO A: MATRIZ DE CONSISTENCIA.....		87
ANEXO B: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN.....		91
ANEXO C: FORMATO DEL INSTRUMENTO QUE SE UTILIZO.....		93
ANEXO D: VALIDACION DEL INSTRUMENTO.....		95
ANEXO E: ENTREVISTAS DE ACUERDO AL INSTRUMENTO.....		99
ANEXO F: ENTREVISTAS A NIVEL CATEGORIA.....		116
ANEXO G: ENTREVISTAS A NIVEL SUBCATEGORIA.....		134
ANEXO H: RED DE CATEGORIAS Y SUBCATEGORIAS.....		151
ANEXO I: DECLARACION DE AUTENTICIDAD Y AUTORIZACION DE CONSENTIMIENTO PARA REALIZAR LA TESIS.....		153

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Límite máximo permitido hacia las descargas de efluente líquido de actividades minero metalúrgica .....	14
Tabla 2 Operacionalización de variables .....	33
Tabla 3 Codificación de los perfiles .....	38
Tabla 4 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos .....	41
Tabla 5 Triangulaciones y unidades de análisis.....	44

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 1 Localización de la mina Contonga .....	37
Figura 2 Ubicación del área de estudio.....	37
Figura 3 Modelo de mapeo sobre el proceso metodológico de estudio de caso .....	40
Figura 4 Triangulación de métodos, técnicas e instrumentos .....	40
Figura 5 Triangulación de instrumentos en la investigación .....	44
Figura 6 Triangulación de entrevistas de Especialistas .....	57
Figura 7 Triangulación de observaciones .....	58
Figura 8 Triangulación de análisis documental .....	60
Figura 9 Triangulación de entrevista, observación y análisis documental .....	60
Figura 10 Categoría Central y sus categorías emergentes .....	63
Figura 11 Red de categorías.....	64



## RESUMEN

La presente investigación está referida a la “Remoción del zinc presente en el efluente de la mina Contonga mediante la coagulación y floculación”, que tiene como objetivo describir e interpretar la opinión de especialistas, con respecto a la remoción del zinc presente en el efluente de la mina Contonga mediante la aplicación de la coagulación y floculación a fin de evitar de esta manera la afectación negativa al medio ambiente y las personas que entren en contacto con ella, y en cumplimiento con lo establecido en el Decreto Supremo N° 010-2010 MINAM.

La coagulación y la floculación es un proceso que consiste en la adición de sustancias al efluente para desestabilizar las partículas presentes en el efluente de mina (coagulación) para luego aglomerarlas (floculación) a fin de alcanzar un mayor volumen y en esta situación pueda precipitar y sedimentar, este proceso busca separar el zinc del efluente de la mina Contonga, evitando alguna afectación negativa al medio ambiente o sus componentes, así como a la salud de las personas.

El diseño de la presente investigación aplicado es “Estudio de Caso” de enfoque cualitativo orientado a la descripción e interpretación de la opinión de los especialistas con respecto a la aplicación de la coagulación y floculación para el control del zinc presente en el efluente de mina Contonga. Para ello se recolectó información a través de una entrevista de opinión aplicada a los especialistas, conocedores de la temática y la problemática considerados en la presente investigación.

El análisis cualitativo y discusión a profundidad de resultados ha permitido disponer de interesantes conclusiones y plantear recomendaciones de relevancia referidas al control del zinc presente en el efluente de la mina Contonga.

**Palabras clave:** Efluente, Coagulación y floculación.

## ABSTRACT

The present investigation referred to the “Removal of the zinc present in the effluent of the Contonga mine through coagulation and flocculation”, which aims to describe and interpret the opinion of specialists, with respect to the reduction of the zinc present in the effluent of the Contonga mine through the application of coagulation and flocculation, in order to avoid in this way, the negative impact on the environment and the people who come into contact with it.

The coagulation and flocculation is a process that involves the addition of substances to the effluent, to destabilize the particles present in the mine effluent (coagulation) and then agglomerate them (flocculation) in order to reach a greater volume and in this situation it can precipitate and sediment, this process seeks to separate the zinc from the effluent from the Contonga mine, avoiding any negative impact on the environment or its components, as well as the health of people.

The design of the present applied research is "Case Study", of qualitative approach oriented to the description and interpretation of the opinion of the specialists with regard to the application of coagulation and flocculation for the control of the zinc present in the Contonga mine effluent. To this end, information was collected through an opinion interview applied to specialists knowledgeable about the subject and the problems considered in the present investigation.

The qualitative analysis and in-depth discussion of results has allowed for interesting conclusions and make relevant recommendations regarding the control of zinc present in the effluent of the Contonga mine.

**Key words:** Effluent, coagulation, flocculation.

## INTRODUCCION

Muchos de los minerales son parte esencial de nuestras vidas, sin embargo, un exceso de los mismos podría representar una amenaza para nuestra salud y asimismo para el medio ambiente, entre estos minerales está el zinc, el cual está presente en el efluente de la mina Contonga, cuyo control y manejo es de suma importancia, dado que su excedencia representa un riesgo directo sobre la salud de las personas, ecosistemas ambientales circundantes y componentes ambientales.

La presente investigación obedece a la problemática que comprende el zinc presente en el efluente de la mina Contonga, cuya remoción mediante el proceso de coagulación y floculación es importante, para ello se debe describir e interpretar la opinión de los ingenieros, cuyas consideraciones se deberán tener en cuenta para la remoción del zinc, de modo tal se pueda evitar de esta manera la afectación negativa al medio ambiente y las personas que entren en contacto con ella.

Con respecto al diseño de la presente investigación es “Estudio de Caso” de enfoque cualitativo orientado a la descripción e interpretación de la opinión de los especialistas con respecto a la aplicación de la coagulación y floculación para el control del zinc presente en el efluente de mina Contonga. Para ello se procedió para la recolección de la información a través de la técnica e instrumento de recolección de datos “entrevista de opinión” las cuales fueron aplicadas a los especialistas, conocedores de la temática y la problemática considerados en la presente investigación.

El desarrollo de la presente investigación tiene en consideración el desarrollo de los siguientes capítulos:

El primer capítulo comprende la descripción del problema, formulación del problema, importancia y justificación del estudio, este comprende una justificación teórica, metodológica, práctica y social, por otro lado, también entiende la delimitación del problema a nivel espacial, social, temporal y conceptual; finalmente comprende los objetivos de la investigación.

Segundo capítulo, se denomina marco teórico, describe el marco histórico en referencia a la investigación, asimismo este incluye las investigaciones relacionadas al tema, el cual se subdivide en investigaciones internacionales relacionadas al tema, el cual se desarrolla trabajos de investigación referidas al tema en diversos países y asimismo las investigaciones nacionales incluyen trabajos realizados en la temática en diversos departamentos del país. Por otro lado, comprende también este capítulo la estructura

teórica y científica que sustenta el estudio, la definición de los términos utilizados dentro de la investigación, la hipótesis general e hipótesis específicas, las variables de la investigación, dentro de ellas considera la definición conceptual y operacional.

Tercer capítulo, se titula metodología de estudio, este incluye el tipo de estudio que se viene desarrollando de enfoque cualitativo de un análisis inductivo y hermenéutico, asimismo considera el diseño donde se explica el procedimiento que sigue el estudio, por otro lado, considera las técnicas e instrumentos de recolección de datos, el cual se basa en la técnica interrogativa mediante una entrevista, para luego describir y analizar la información proporcionada por parte de los especialistas en referencia al tema de la investigación.

Cuarto capítulo, esta comprende los resultados y análisis de resultados, este capítulo describe los resultados a partir de la obtención de la información obtenida mediante la aplicación de la técnica de la entrevista, observación, análisis documental e instrumentos de recolección de datos, donde se describe lo señalado por cada especialista en referencia a la entrevista, la observación, el análisis documental, categorías explicativas, final mente se aborda el análisis de los resultados obtenidos por cada categoría.

Quinto capítulo, este comprende las conclusiones y recomendaciones de la tesis, las cuales derivan de las preguntas de investigación, a nivel del marco teórico, a nivel del caso de estudio, a nivel metodológico y finalmente las recomendaciones están desarrolladas o dirigidas a los decisores diversos de la mina Contonga a fin de que tomen en consideración lo señalado en la presente investigación.

## CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

## 1.1 Descripción del problema

La mina Contonga es un productor de zinc principalmente, cuyo efluente también tiene presencia de zinc, el cual excede el valor de 1.5 miligramos por litro, se establece según el Decreto Supremo N° 010-2010 MINAM, dicho efluente es derivado hacia la laguna Pajuscocha y podría afectar negativa los componentes ambientales que entren en contacto con ella, asimismo a los pobladores que hagan uso de dicha fuente de agua, en ese sentido requiere plantear soluciones para la remoción del zinc del efluente de la mina a fin de evitar cualquier afección negativa hacia el ecosistema y lo relacionado a la salud de la persona.

El efluente proveniente de la mina Contonga, según lo observado, es derivado hacia la bocamina del nivel cero y de esta pasa a una serie de pozas, para luego ser descargadas hacia la “Laguna Pajuscocha”, según el Plan Integral para la Implementación de Límites Máximos Permisibles de Descarga de Efluentes Minero Metalúrgico y Adecuación a los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, señala al respecto lo siguiente:

Con referencia a las concentraciones de zinc, las más elevadas de todas las lecturas, se ha visto por conveniente considerar, en vista de que el sistema de tratamiento mediante sedimentadores no está surtiendo el efecto previsto, canalizar los efluentes correspondientes a los niveles 240, 300 y 360, llevándolos hacia el nivel 0, para de esta manera contar con un único efluente y reducir el riesgo de impactos a los cuerpos receptores y el ambiente en general. (Plan Integral para la Implementación de Límites Máximos Permisibles de Descarga de Efluentes Minero Metalúrgico y Adecuación a los Estándares de Calidad de Ambiental para Agua, 2012, pág. 5).

Según lo descrito en el párrafo precedente, podemos señalar que el efluente presenta una concentración de zinc que este excediendo el límite máximo permitido y determinado en el Decreto Supremo N° 010-2010 MINAM, la misma que señala 1,5 miligramos por litro (límite en cualquier momento) y 1,2 miligramos por litro (límite para el promedio anual), según la siguiente tabla:

**Tabla 1**  
**Límite máximo permitido hacia las descargas de efluente líquido de actividades minero metalúrgica**

Parámetros	Unidades	límites en cualquier situación	límite en los promedios anuales
(...)	(...)	(...)	(...)
Zinc Total	mg/L	1,5	1,2

Fuente: Adaptación del D.S. N° 010-2010-MINAM

Elaboración: Propia

La descarga del efluente con presencia de zinc podría estar afectado negativamente la laguna Pajuscocha, asimismo a los usuarios de esta fuente de agua como es la comunidad de Carhuayoc.

## 1.2 Formulación del problema

### 1.2.1 Problema general

¿De qué manera la coagulación y floculación removerá el zinc presente en el efluente de la mina Contonga?

### 1.2.2 Problemas específicos

Problema específico primero

¿De qué manera las características de las partículas influirán en la remoción del zinc del efluente de la mina Contonga?

Problema específico segundo

¿De qué manera la teoría de la coagulación influirá en la remoción del zinc del efluente de la mina Contonga?

Problema específico tercero

¿De qué manera la práctica de la coagulación influirá en la remoción del zinc del efluente de la mina Contonga?

Problema específico cuarto

¿De qué manera la teoría de la floculación influirá en la remoción del zinc del efluente de la mina Contonga?

Problema específico quinto

¿De qué manera la práctica de la mezcla influirá en la remoción del zinc del efluente de la mina Contonga?

Problema específico sexto

¿De qué manera la teoría de la mezcla influirá en la remoción del zinc del efluente de la mina Contonga?

Problema específico séptimo

¿De qué manera la operación y el mantenimiento influirán en la remoción del zinc del efluente de la mina Contonga?

### 1.3 Importancia y justificación del estudio

#### 1.3.1 Importancia

La importancia de la presente investigación es el aporte a la problemática del zinc presente en el efluente de la mina Contonga, mediante la descripción e interpretación de la información recabada y consultada a los expertos en el manejo y tratamiento de efluentes industriales, a fin de evitar algún impacto ambiental negativo sobre el ecosistema de la laguna Pajuscocha, componentes ambientales y afectación sobre la salud de los usuarios de este recurso hídrico en la comunidad Carhuayoc.

#### 1.3.2 Justificación del estudio

##### a. Justificación teórica

La remoción del zinc del efluente de la mina Contonga mediante la coagulación y floculación, es teórica porque el estudio permitirá profundizar los conocimientos para establecer la relación entre las variables, para ello venimos utilizando el libro base de Mackenzie L. Davis (2010) *Water and Wastewater Engineering Design Principles and Practice*, capítulo 6 “Coagulation and Flocculation”.

##### b. Justificación metodológica

Se justifica metodológicamente porque se utilizó herramientas metodológicas como analizar, la comprensión e interpretar la realidad, finalmente la hermenéutica, asimismo la técnica aplicada como las entrevistas estructuradas (Ñaupas, H. Mejia, E. y Villagomez, A., 2014, pág. 98). Finalmente, la técnica que se aplica en el estudio se podrá replicar en estudios similares.

##### c. Justificación práctica

Respecto al lado práctico, permitirá que los resultados cualitativos obtenidos de la investigación motiven a realizar más investigaciones en diversas realidades y complementarse con las investigaciones cuantitativas y de este modo las instituciones y organización competentes en el tema puedan intervenir, para la remoción del zinc del efluente cercano a la localidad de estudio.



#### d. Justificación social

Socialmente se vincula con la descripción e interpretación de resultados sobre la información recabada y expresada por parte de los expertos en la materia, hacia el proceso de coagulación y floculación, en la remoción del zinc presente sobre el efluente en la mina Contonga, que evitara afectar negativamente al ecosistema circundante, donde encontramos cinco (5) especies de flora, dieciocho (18) especies de avifauna y 2 especies de peces características del entorno de la mina. Asimismo, beneficiara a la fuente natural que dota de agua a los pobladores de la comunidad Carhuayoc apostados aguas debajo de la laguna Pajuscocha, que son aprovechados con fines agropecuarios (EIA Contonga-2004).

Por otro lado, se debe cumplir con el límite máximo permisible establecido en el Decreto Supremo N° 010-2010 MINAM, dado que la excedencia de dicha concentración afecta negativamente a los componentes receptores naturales y personas que podrían entrar en contacto con la misma, según los valores indicados en la Tabla N° 1.

### 1.4 Delimitación del estudio

#### 1.4.1 Delimitación espacial

La investigación del estudio de caso: Remoción del zinc del efluente de la mina Contonga mediante la coagulación y floculación, se ubicada en el paraje Contonga, correspondiente al distrito de San Marcos, provincia de Huari, departamento de Ancash.

#### 1.4.2 Delimitación social

La presente investigación se trabajó con un grupo de ingenieros ambientales, quienes son especialistas en tratamiento y manejo de aguas residuales industriales.

#### 1.4.3 Delimitación temporal

La presente investigación se viene efectuando desde el mes de diciembre del año 2014 hasta el mes de agosto del año 2019, evaluando los procesos de cada etapa del presente estudio.

#### 1.4.4 Delimitación conceptual

El plan de mitigación de impactos ambientales negativos, permitirá a los pobladores afectados adquirir ingreso directo al proceso de un adecuado manejo del medio ambiental, la identificación y evaluación de posibilidades de impactos

negativos en potencia, directo o indirecto, además basa la investigación de acuerdo al planeamiento de un adecuado manejo del medio ambiente permitiendo la mitigación, control y la compensación de probables alteraciones, finalmente brindar una propuesta de alcance hacia el desarrollo sostenible.

## 1.5 Objetivos de la investigación:

### 1.5.1 Objetivo general

Describir e interpretar de qué manera la aplicación de la coagulación y floculación en el efluente de la mina Contonga logrará la remoción del zinc y evitar afectar negativamente al medio ambiente y personas que entren en contacto con ella.

### 1.5.2 Objetivos específicos

#### Objetivo específico primero

Describir e interpretar de qué manera la característica de las partículas influirán en la remoción del zinc del efluente de la mina Contonga.

#### Objetivo específico segundo

Describir e interpretar de qué manera la teoría de la coagulación influirá en la remoción del zinc del efluente de la mina Contonga.

#### Objetivo específico tercero

Describir e interpretar de qué manera, la práctica de la coagulación influirá en la remoción del zinc del efluente de la mina Contonga.

#### Objetivo específico cuarto

Describir e interpretar de qué manera la teoría de la floculación influirá en la remoción del zinc del efluente de la mina Contonga.

#### Objetivo específico quinto

Describir e interpretar de qué manera la teoría de la mezcla influirá en la remoción del zinc del efluente de la mina Contonga.

#### Objetivo específico sexto

Describir e interpretar de qué manera la práctica de la mezcla influirá en la remoción del zinc del efluente de la mina Contonga.

#### Objetivo específico séptimo

Describir e interpretar de qué manera la operación y el mantenimiento influirán en la remoción del zinc del efluente de la mina Contonga.

## CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

## 2.1 Marco histórico

Los efluentes provenientes de la mina Contonga, según lo observado, son derivados hacia la bocamina del nivel cero y de esta hacia una serie de pozas de sedimentación, para luego ser conducidas hacia la “Laguna Pajuscocha”, según el Plan Integral para la Implementación de Límites Máximos Permisibles de Descarga de Efluentes Minero Metalúrgico y Adecuación a los Estándares de Calidad de Ambiental para Agua de la mina Contonga, señala al respecto lo siguiente:

Con referencia a las concentraciones de zinc, las más elevadas de todas las lecturas, se ha visto por conveniente considerar, en vista de que el sistema de tratamiento mediante sedimentadores no está surtiendo el efecto previsto, canalizar los efluentes correspondientes a los niveles 240, 300 y 360, llevándolos hacia el nivel 0, para de esta manera contar con un único efluente y reducir el riesgo de impactos a los cuerpos receptores y el ambiente en general. (Plan Integral para la Implementación de Límites Máximos Permisibles de Descarga de Efluentes Minero Metalúrgico y Adecuación a los Estándares de Calidad de Ambiental para Agua, 2012, pág. 5).

Según el “*Estudio de Impacto Ambiental del Reinicio de las Operaciones Minero – Metalúrgicas UEA Contonga*” (2005), señala que “Las leyes de estos minerales presentan las siguientes concentraciones: 2,40 onzas de plata, 0,8 % de cobre; 1,0 % de plata y 8,0 % de zinc” (p. 24), donde se observa que existe una mayor incidencia del zinc, el cual se refleja en los efluentes, en tal sentido señala lo siguiente:

En cuanto a la calidad de agua, se observa que existe efluentes, especialmente por la Bocamina nivel 240, en un caudal de 108 litros por minuto y con las características determinadas en el monitoreo realizado en tres puntos de importancia por sus efluentes, que desembocan en la laguna Contonga, (...).

En referencia a concentraciones de metales (miligramos por litro), solo sobrepasa los Límites Máximos Permisibles en el Punto de Monitoreo PM 01 con la concentración de Zinc a 19.976 miligramos por litro, (...). (Estudio de Impacto Ambiental del reinicio de las operaciones minero-metalúrgicas UEA Contonga, 2005, Pp. 19-20).

Según lo descrito en los párrafos precedentes, se deb indicar que el efluente presenta una concentración que excede el límite máximo permitido establecido en el “Decreto Supremo N° 010-2010 MINAM”, mencionando que 1,5 miligramos por litro (límite en cualquier momento) y 1,2 miligramos por litro (límite para el promedio anual), según la refiere tabla N° 1.

El efluente proveniente de la mina Contonga se descarga hacia la laguna Pajuscocha, la cual estaría afectándolo negativamente, asimismo a la comunidad de Carhuayoc toda vez que utilizan esta fuente de agua para diversas actividades, entre ellas la siembra, bebida de animales, etc.

Es importante el manejo y tratamiento adecuado de los efluentes de modo tal que no representen un riesgo al ecosistema del área de influencia de la mina Contonga. Ante dicha problemática es importante plantear alcances para la solución de la misma, el presente estudio busca como objetivo describir e interpretar las consideraciones planteadas a los especialistas y de la revisión de información, a fin de evitar algún tipo de alteración negativa a los ecosistemas y personas que se encuentran en la zona de influencia directa.

## 2.2 Investigaciones relacionadas con el tema

### 2.2.1 Internacionales

De acuerdo a los autores (Fuentes Molina, Molina Rodríguez, & Ariza, 2016) en el artículo científico indexado, titulado “*Natural coagulants in continuous flow systems as a substitute of  $Al_2(SO_4)_3$  for water clarification*” en el año 2016, manifestaron lo siguiente:

Se valoró la importancia de la evaluación de la efectividad del coagulante natural Moringa Oleífera, Cactus Opuntia, el alga marina y el almidón, con el fin de clarificar el agua del consumo de la persona, siendo un reemplazo del sulfato de aluminio contenidos en los sistemas denominados batch y los continuos.

La muestra del agua del río Cesar fue analizada, en el periodo de lluvia y seco, mostrando alto y bajo en turbiedad. La biomasa se analizó con y sin pre-tratamientos químicos “(Ca(OH)<sub>2</sub>, CaCl<sub>2</sub>, NaOH y NaCl)”. Se efectuó una prueba de coagulación y de floculación, ambas de simulaciones, y variedad de dosis. “Las variables de control fueron color, turbiedad, OD, ST, conductividad DQO y pH”.

Con excepción del cactus que no se presentó una mayor eficiencia de remoción con un pre-tratamiento, arrojó un “88.26% para moringa usando Ca (OH)<sub>2</sub>, 79.73 % para almidón con NaOH; 81.14 % para algas con CaCl<sub>2</sub> y 98.41 %”, de mayor eficiencia es del cactus. Se obtuvieron con una mayor eficiencia el comportamiento hacia sistemas continuos con condiciones con similitud a la obtención de sistemas denominado batch.

Finalmente se determinó la condición óptima de coagulantes de manera natural, por lo tanto, se demuestra que es seguro, económico y eficiente vinculado al tratamiento del agua, con generación menor del lodo, mediante el mecanismo de adsorción y de la neutralización de cargas.

Asimismo, los autores (Veliz, Asela Fernandez, Guadalupe Llanes, & Bataller, 2016) en la tesis titulada “*Coagulación-floculación, filtración y ozonización de agua residual para reutilización en riego agrícola*” en el año 2016, hizo referencia a lo siguiente:

El estudio tiene como objeto evaluar la escala de banco del proceso de “coagulación-floculación, filtración y ozonización”, relacionado a tratamientos de aguas residuales municipales y para una nueva utilización en riegos agrícolas. Se realizó la evaluación del sulfato de aluminio, sulfato férrico y policloruro de aluminio, todos ellos coagulantes. El tipo de coagulante eficiente fue el policloruro de aluminio y sulfato de aluminio. Por medio del

estudio se obtuvo un mejor resultado con aumentar la velocidad de la agitación de la mezcla rápida, reduciendo la dosis de coagulantes (50-66%). Como medio filtrante con mayor efectividad se eligió la arena sílice. Se obtuvo un modelo estadístico por medio de la etapa de ozonización, prediciendo el nivel de reducir los factores contaminados que fueron pasados a evaluación, proponiendo una dosis mínima del componente ozono de 40 mg/l. finalmente con el modelo propuesto del tratamiento se logró reducir de manera eficiente el parámetro físico/químico (84-98%) y microbiológico (99.98-100%), permitiendo el cumplimiento de la norma para utilizar nuevamente en el riego agrícola.

Según , el autor Flores et al., 2015) en el artículo científico indexado, titulado “*Estudio de adsorción competitiva de cobre y zinc en solución acuosa utilizando Q/PVA/EGDE*” en el año 2015, se sostuvo lo siguiente:

En la presente investigación se estudió la capacidad de remoción de cobre y zinc en solución acuosa utilizando un nuevo material a base de quitosano y poli (vinil alcohol), entrecruzado con etilenglicol diglicidil éter. Los espectros de IR mostraron la interacción de los grupos funcionales y los metales, mediante el corrimiento de las bandas correspondientes a los grupos amino e hidroxilo responsables de remover a estos metales mediante la formación de complejos. Los resultados cinéticos para el cobre en solución mono y bicomponente (también zinc) se ajustaron mejor al modelo de pseudo-segundo orden mientras que los de zinc se ajustaron mejor al modelo de pseudo-primero orden. Experimentos de equilibrio en batch permitieron determinar una adsorción máxima de Cu (II) de 297 y 1345 mg/g, en soluciones mono y bicomponente, la presencia de Zn (II) aumento la eficiencia de remoción de Cu (II). Mientras que la máxima adsorción de Zn (II) fue de 508 y 574 mg/g, respectivamente. La energía de adsorción mostro que la fisorción fue el mecanismo predominante con Zn (II) y que el del Cu (II) se aproxima a quimisorción. El material mostro buena capacidad para la remoción de Cu (II) y Zn (II) en solución acuosa mono y bicomponente.

En el artículo científico indexado, por los autores (Pacheco & Monteros, 2014) cuyo título fue “*Tratamiento químico y biológico de efluentes mineros cianurados a escala laboratorio*” en el año 2014, manifestaron lo siguiente:

En la lixiviación del oro se necesita la utilización siempre del cianuro, en el campo industrial relacionado a la mina. Asimismo, es un componente nocivo y toxico, por los organismos que se logran desarrollar en su alrededor, más aún en la industria minera, y del medio ambiente. Con la reducción del nivel de cianuro libre en efluentes que provienen de actividades mineras, el estudio tuvo como principal fin establecer la condición óptima hacia la degradación del cianuro, utilizando compuestos químicos. El ensayo químico y biológico se realizó por separado, se aplicó muestras de efluentes que provienen de la mina a concentraciones diversas de cianuro. En las degradaciones químicas se utilizaron “el hipoclorito de sodio, peróxido de hidrógeno y ácido de caro en diferentes concentraciones, pH (10-11) y tiempos de degradación (4.71 y 20.75 horas)”. En el ensayo de biodegradación se emplearon consorcios microbianos en matraces que contienen “el efluente cianurado y medio líquido a pH (11), agitación (200 rpm) y temperatura (20±5°C)”. Según los resultados de los tratamientos químicos se mostró que el compuesto oxidante que funciono mejor fue el “peróxido de hidrógeno (8:1 gH<sub>2</sub>O<sub>2</sub> / gCN-) a pH (10), obteniendo un 92.73% remoción de cianuro libre en 45 minutos (280 mg/L CN-) y un 91.01% de remoción en 25 minutos (10 mg/L CN-)”.

De acuerdo con la tesis del autor ( Fajardo et al., 2010), cuyo título fue “*Estudio de Métodos Químicos de Remoción de Cianuro presente en residuos de cianuro provenientes del proceso de extracción de oro de veta en el departamento Nariño*”, en el año 2010, donde manifestó lo siguiente:

El estudio tuvo como objeto neutralizar a nivel de laboratorios de residuos cianurados que provienen de la mina Nueva Esparta, ubicado en Nariño, y contenidos con tres neutralizantes de tipo comercial vinculado al peso como son “(gramos de neutralizante/gramos de CN-libre/total a neutralizar): peróxido de hidrógeno  $H_2O_2$  2/1, 5/1 y 8/1, hipoclorito de sodio  $NaOCl$  7/1, 12/1 y 17/1 y sulfato ferroso  $FeSO_4$  6/1, 12/1 y 18/1”. Para nuevos lavados se aplicaron la recirculación del agua, el agua de lavado neutralizada y lavado del agua, con la finalidad de reducir la cantidad empleada del agua. Con el análisis en estadística se obtuvo que el mejor tratamiento en la remoción de cianuro libre y total son las relaciones “2/1 y 5/1 del  $H_2O_2$ ”. Después de la neutralización con  $H_2O_2$ , el metal analizado disminuyó su concentración.

### 2.2.2 Nacionales

Según (Toribio & Libertad, 2017) en su trabajo de investigación “*Remoción del plomo y zinc de los efluentes mineros provenientes de la unidad Mallay aplicando micro-nanoburbujas de aire*” en el año 2017, señaló lo siguiente:

El efluente en la mina viene a ser residuos líquidos generados en el proceso de cualquier tipo de actividad de la mina, los componentes en el proceso de la actividad minera se transforman de acuerdo a la actividad que desempeña. El efluente minero presenta de manera general alguna alteración de su parámetro fisicoquímico, como la turbidez y el pH, y también compuestos contaminantes, como el plomo y el zinc, por lo tanto, los mencionados efluentes no están siendo tratados de manera adecuada y logran la contaminación a gran magnitud del agua, en el cual son vertidos.

“La Unidad Mallay, ubicado en el Centro Poblado de Mallay, Distrito y Provincia de Oyón al norte chico de nuestra capital, viene desarrollando sus actividades extractivas desde hace casi diez años en el centro poblado mencionado, extrayendo plomo, zinc y en menor proporción plata”. En la actualidad la comunidad mejora su calidad de vida, pero también conlleva aspectos negativos como los efluentes que está conformado por el metal pesado ocasionando secuelas peligrosas y nocivas a la naturaleza y la salud de la persona (Toribio & Libertad, 2017, pág. 9).

Por otro lado (Huallpa & Candy, 2017), en su investigación “*Eficiencia en la remoción del tratamiento de aguas acidas de mina, mediante neutralización activo con lechada de cal de la Unidad Minera Arasi – Puno*”, señala que:

“En el departamento de Puno, la principal contaminación de las aguas superficiales y subterráneas son afectados por la descarga de efluentes sin tratamiento de las mineras abandonadas y en actividad” (Guerrero & Zavala, 2005). La comunidad de Ocuyuri de la provincia de Lampa, son vulnerables a la contaminación ocasionada por el vertimiento de las aguas acidas de la actividad minera. La empresa Aruntani, realiza la actividad de explotación a tajo abierto en la producción del oro, a su vez el desmonte que genera la actividad está expuesto al aire libre y al agua, ocasiona drenaje ácido, que de manera adecuada no es tratada, asimismo la empresa no cumple con el compromiso determinado en el impacto ambiental sobre el correcto tratamiento del agua, y como consecuencia contamina la quebrada Lluchusani, generando en la comunidad la falta de confianza en las mencionadas actividades (Huallpa & Candy, 2017, pág. 23).

Según (Ceras Cuadros & Ochoa León, 2013), en su investigación “*Remoción de zinc de las aguas de mina en el nivel 3900 de la compañía minera los Queñuales – Unidad de producción Yauliyacu a nivel de laboratorio*”, señala que:

Se sabe que las aguas de las industrias vertidas a los ríos están contaminadas, por lo tanto, requieren un control adecuado de sus plantas de tratamiento. Es sabido que algunas industrias no cuentan con dichas plantas de tratamiento, de esta forma la contaminación es manifiesto,



así como también existen industrias que poseen tratamiento, pero no funciona adecuadamente o no se tiene un control de sus vertimientos las que ocasionan peligrosas y grandes afectaciones en la salud y al ambiente.

La adecuada gestión del recurso del agua, está constituida por un componente íntegro y vital en la operación del sector minero, debido al agua contaminada en potencia y su negativo efecto en la salud de la persona y del medio ambiente. Asimismo, un adecuado manejo del medio ambiente está vinculado con el manejo del agua en el sector minero.

En la unidad minera Yauliyacu – Quenuales se realiza laboreo minero donde desarrollan explotaciones de diferentes zonas, en distintos niveles, configurando una estructura con galerías, y chimeneas por las que discurren cursos de agua con diferentes composiciones y contenido de sólidos y metales. Los efluentes de las aguas de mina que se descargan de las operaciones mineras en el nivel 3900 contienen concentraciones altas de zinc que reporta la empresa con una eficiencia empírica de remoción baja. (Ceras Cuadros & Ochoa León, 2013, pág. 10).

Según el autor (Lazo Corilloclla, 2012), en la tesis cuyo título fue “*Remoción del Manganeso para mejorar la calidad de las aguas de consumo humano en la Laguna Azulcocha*”, en el año 2012, sostuvo lo siguiente:

El estudio tiene como principal objetivo remover el “manganeso con concentraciones entre 0.093 mg/L y 0.688 mg/L”, y que está presente en la Laguna Azulcocha por medio del proceso de oxidación y la filtración, y tiene el fin de emplearlo con medio de agua potable. La muestra del estudio fue el agua de la Laguna Azulcocha. Con los resultados hallados se determinó que la concentración promedio de manganeso excedió el valor límite determinado por “DIGESA D.S. N° 031-2010-S.A.”. Por lo tanto, se realizó la caracterización de las aguas y cuatro pruebas de jarra todo ello para la labor de la definición de cantidades de reactivos en la dosificación en la remoción del manganeso, finalmente con la utilización de la tecnología de oxidación y la filtración se obtuvo un porcentaje de eficiencia del 83%, con el empleo dosificaciones del reactivo de “6 mg/L de Cal, 2.5mg/L de Hipoclorito de Calcio y 6 mg/L de Sulfato de Aluminio”.

### 2.3 Estructura teórica y científica que sustenta el estudio

En el artículo de Lin, Couperthwaite, & Mil (2017) titulado “*Eficacia de los coagulantes a base de aluminio para el pretratamiento del agua de la veta de carbón*” tuvo como objetivo evaluar el rendimiento del clorhidrato de aluminio y del coagulante del sulfato de aluminio hacia el agua simulada sobre vetas de carbón como para el agua recogida de los pozos de gas de veta de carbón (CSG) en operación. Como resultado para las muestras simuladas de agua de la veta de carbón, el grado de eliminación de sílice disuelta fue generalmente alto (> 85%) y se promovió al aumentar la salinidad del agua. El sulfato de aluminio era mejor para eliminar la sílice (c.f. 94-92%), bario (c.f. 87-20%), estroncio (c.f. 66-15%) y magnesio (c.f. 16-7.5%) y peor en la eliminación de calcio (44-65%) en comparación con el clorhidrato de aluminio del agua simulada de la veta de carbón, respectivamente. En conclusión, la variación en la composición del agua de la veta de carbón de soluciones relativamente concentradas perjudicó la eliminación de

iones alcalinotérreos y en algunos casos redujo el grado de eliminación de la sílice disuelta. Por otro lado, cuando se estudiaron las muestras de agua de la veta de carbón para pozos operativos, la cantidad requerida de clorhidrato de aluminio aumentó significativamente y se inhibió el proceso de eliminación de sílice (50% en comparación con 92% para el agua de la veta de carbón simulada). Finalmente, la propuesta es que la especie orgánica tiene presencia de la especie orgánica del agua real sobre la veta del carbón que desempeña un papel importante en el modo en que funcionaban los coagulantes.

#### Lecciones

- a. La salinidad y la composición del agua de la veta de carbón afectaron la capacidad del coagulante de aluminio para eliminar los iones disueltos.
- b. La eliminación de sílice es particularmente efectiva con soluciones simuladas pero inhibida con agua de la veta de carbón real.
- c. Los contaminantes orgánicos en agua de la veta de carbón deben considerarse en relación con el rendimiento del coagulante.

En el artículo de investigación titulado "*Evaluación comparativa del tratamiento del agua con coagulantes poliméricos e inorgánicos*" realizado en la Junta de Aguas de la Región Sur (SRWB) se tuvo como objetivo la eficacia de los coagulantes poliméricos (sulfloc 3850 y algaefloc 19s) en comparativa de reducción de turbidez con coagulante inorgánico en la planta de tratamientos de Zomba, Liwonde, Mangochi, Chikwawa y Mulanje. El método de prueba jaras fue utilizado en establecer la eficiencia del coagulante del agua. Los resultados revelaron que el Algaefloc 19s produjo la mayor reducción de turbidez en las plantas Liwonde y Mangochi ( $98.66 \pm 0.06$  y  $97.48 \pm 0.05\%$  a una dosis de 0.4 y 0.6 mg L<sup>-1</sup> respectivamente), en Chikwawa proporcionó el más bajo ( $9.52 \pm 0.01\%$ ), y en las plantas de Zomba y Mulanje se obtuvieron reducciones de  $20.5 \pm 0.03\%$  y  $28.4 \pm 0.04\%$  respectivamente. En conclusión, los coagulantes poliméricos (sulfloc 3850 y algaefloc 19s) lograron una formación más rápida de flóculos pesados que el alumbre. Finalmente, los coagulantes poliméricos podrían usarse en lugar de alumbre, la elección depende del tipo de agua (Manda, Chidya, Saka, & Biswickc, 2016).

#### Lecciones

- a. El método de prueba jarras se aplicaron para establecer la eficiencia del coagulante del agua.
- b. El resultado reveló que sulfloc 3850 y algaefloc 19 lograron una formación más rápida de flóculos pesados que el alumbre.
- c. Se pueden usar coagulantes poliméricos en lugar de alumbre, la elección depende del tipo de agua sin tratar.

En el estudio de Carranza, Romero & Mazuelos (2016) titulado "*Recuperación de Zn del agua ácida de la mina y del polvo del horno de arco eléctrico en un proceso integrado*", tuvo como objetivo recuperar el contenido de Zn tanto del efluente como del desecho. Mediante un proceso que consiste en la recuperación de Zn como óxido de zinc y su purificación en productos comerciales. Después de la lixiviación de EADF, el hierro ferroso se biooxida y luego se precipitan Fe y Al; luego el Cu, Ni, Co y Cd se cementan y finalmente Zn se precipita como ZnO. Para purificar el agua que finalmente se descarga a un río se usa la cal como agente neutralizador, lo que resulta en un precipitado de principalmente yeso, MnO y ZnO. A partir del óxido de zinc impuro producido se generan varias alternativas para el logro de productos comerciales, como el carbonato básico de zinc y el zinc electrolítico, se estudian en este trabajo. En conclusión, la recuperación del Zn reduce los costos en una adecuada gestión ambiental y el agua de la mina ácida purificada se descarga después de eliminar todos los metales.

#### Lecciones

- a. El agua de mina se usa para lixiviar EAFD.
- b. EAFD se convierte en un residuo no peligroso.
- c. El carbonato básico electrolítico de Zn y Zn se obtiene de los desechos.
- d. El costo de la gestión de residuos se reduce.

En el estudio de Yu, Gregory & Campos (2015) titulado "*Dependencia de las propiedades del floculo en el tipo de coagulante, modo de dosificación y naturaleza de las partículas*", tuvo como objetivos principales comparar los efectos de los coagulantes Al (III) y Cloruro polialuminio (PACl) en la estructura de flóculos, mediante microscopía óptica, obtener más información sobre el mecanismo de formación de flóculos agregando partículas en diferentes momentos después de la

adición del coagulante, e investigar el efecto de la naturaleza y el número de partículas incluido dentro de los flóculos de hidróxido en el flóculo aparente mediante una técnica óptica. Obteniendo como resultados que suspensiones de caolín se coagularon con  $\text{AlCl}_3$  y una alta basicidad PACl a pH 7, a dosis que dieron potenciales zeta cercanos a cero. Las acciones de los dos coagulantes fueron completamente diferentes. Con  $\text{AlCl}_3$ , la formación de un precipitado de hidróxido amorfo jugó un papel dominante. Cuando se añadió el coagulante a la suspensión, los flóculos crecieron rápidamente e incorporaron la mayoría de las partículas de caolín dentro del precipitado de hidróxido. Cuando la suspensión se añadió un tiempo después del coagulante, se descubrió que las partículas de arcilla se encontraban principalmente en las superficies externas del flóculo, el tamaño del flóculo era aproximadamente el mismo. La propiedad de dispersión de luz de los flóculos fue muy dependiente del número y la ubicación de las partículas en el precipitado. Mientras que con PACl, retrasar la adición de caolín no tuvo influencia en las propiedades finales del flóculo. En pruebas adicionales, se coagularon diferentes suspensiones en un intervalo de concentraciones con alumbre a pH 7. El control mediante una técnica de "fluctuación de la turbidez" mostró un aumento aparente en el tamaño del flóculo con una concentración de partículas creciente. En conclusión, los tamaños de los flóculos determinados a partir de las imágenes del microscopio fueron casi constantes, independientemente de la naturaleza y concentraciones de la partícula. Asimismo, los diferentes tipos de cada partícula, los resultados de la supervisión fueron en gran medida dependientes de la propiedad de dispersiones de luz de la partícula. Por otro lado, las partículas incorporadas en los flóculos de hidróxido no parecen tener influencia sobre las propiedades del flóculo, como el tamaño y la resistencia.

#### Lecciones

- a.  $\text{AlCl}_3$  y polialuminio Cloruro (PACl) muestran grandes diferencias como coagulantes.
- b. La adición de partículas después de  $\text{AlCl}_3$  proporciona una estructura de flóculos diferente. Sin efecto con PACl.
- c. La naturaleza y la concentración de las partículas afectan en gran medida la respuesta del monitor óptico.
- d. Propiedades de los flóculos de "barrido" dominados por la naturaleza del precipitado de hidróxido.

En la investigación "*Proceso de coagulación-floculación con extracto salino ultrafiltrado de Moringa oleifera para el tratamiento de aguas superficiales*", se utilizaron los procesos de extracción acuosa y salina de coagulante seguido de ultrafiltración. Asimismo, se empleó la dosificación de coagulante en términos de concentración de coagulante proteico, lo que permitió una mayor reproducibilidad y fiabilidad de los resultados. Obteniendo como resultados que el coagulante salino tuvo un mejor rendimiento en la eliminación de color (89.15%), turbidez (88.75%) y compuestos con UV254 nm absorbancia (75.93%), con baja concentración de COD en el agua tratada y con 38% menos de concentración SUVA, en comparación con la del agua superficial. Se debe subrayar una disminución en el volumen del coagulante concentrado necesario para tales resultados. De hecho, solo se requirió la mitad del volumen en comparación con el coagulante no ultra filtrado. En conclusión, la alta eficiencia en el tratamiento del agua, reducir el volumen de coagulantes y disminuir la concentración en aspectos orgánicos del agua tratada, especialmente con respecto a SUVA (Alves, et al., 2015).

#### Lecciones

- a. La especie *Moringa oleifera* es capaz de tratar 75 NTU de aguas superficiales de turbidez.
- b. La concentración de extracto salino fue una ventaja para disminuir el volumen del coagulante.
- c. El coagulante ultra-filtrado produjo agua con la carga orgánica más baja.

Ceras K & Ochoa J. (2013) en su trabajo "*Remoción de zinc de las aguas de mina en el nivel 3900 de la Compañía Minera Los Quenuales - Unidad de Producción Yauliyacu a nivel de Laboratorio*", los resultados fueron una concentración de zinc en el efluente tratado, 0,06 y 0,08 ppm en el equipo de jarras y en el módulo respectivamente, el cual representa una eficiencia del 99.89 % aproximadamente, arribando a las siguientes conclusiones:

- a. El tratamiento aplicado permitió obtener resultados de concentración de zinc presente en el efluente valores menores de 0,98 ppm.
- b. Se determinó la eficiencia de la remoción de zinc en el módulo, en función a la concentración inicial de zinc y la cantidad final de zinc removido en el módulo, obteniendo como mejores resultados a 99,87 % y 99,90 % en los números de prueba 7 y su repetición.

Para Mackenzie L., señala en su libro “*Aguas y aguas residuales ingeniería principios de diseño y practica*”, señala sobre la coagulación y floculación lo siguiente:

La conversión de la partícula pequeña en partícula más grande denominada floculos es el objetivo real de la coagulación, ya sea como precipitados o como partículas suspendidas. Los floculos son fácilmente se eliminan en procesos posteriores como sedimentación, flotación por aire disuelto (DAF) o filtración.

Para la presente discusión, coagulación significa la adición de uno o más productos químicos para condicionar las partículas pequeñas para su posterior procesamiento por floculación. La floculación es el proceso de agregación de las partículas desestabilizadas para su precipitación. (Mackenzie, 2010, pág. (6-2) - (6-3)).

De La Cruz (2006) en su trabajo de investigación: "*Mitigación de Drenaje Ácido en Minas Subterráneas Aplicando Fangos Artificiales, Caso: Mina Orcopampa*", tiene como principal objetivo la disminución del grado de contaminación del drenaje ácido, y con ello es indispensable la supresión de la acidez. Finalmente, como resultado se obtuvo que la reducción del drenaje ácido de la mina en Santiago y Tudela fue eficiente, porque los principales contaminantes están en el límite permitido, luego concluye que se logró la disminución de la acidez, por medio de los fangos artificiales, se facilitó la implementación en el terreno del fango anaeróbico según el substrato de la zona de análisis o estudio y de determino un diagrama de flujo vinculado al fango aeróbico y anaeróbico.

Para la remoción del zinc presente en el efluente de la mina Contonga, se plantea recurrir a la técnica de la coagulación que tiene como finalidad la desestabilización de la partícula sobre la suspensión, es decir facilita la aglomeración, y la floculación tiene como finalidad el favorecimiento de mezclar de manera lenta entre la parte floculante y el efluente.

#### 2.4 Definición de términos básicos

- a. Coagulación: (Aguilar, 2002): “Es el proceso por el que los componentes de una suspensión o disolución estable son desestabilizados por superación de las fuerzas que mantienen su estabilidad” (Aguilar, 2002, pág. 35).
- b. Contonga: “Es el paraje que se encuentra ubicado en la quebrada Tucush y Contonga, Distrito de San Marcos, Provincia de Huari, Departamento de

Ancash, a una altura media de 4200 m.s.n.m, en las coordenadas (UTM WGS 84) 273200 Este, 8 948750 Norte”.

- c. Dosis: Son cantidades o proporciones en relación a materiales o inmateriales (Real Academia Española –RAE).
- d. Ecosistema: Son los complejos dinámicos de la comunidad vegetal, animal y de microorganismo, y su medio es no vivo, interactuando como unidades funcionales. “(Fuente: Glosario de términos para la gestión ambiental peruana- Ministerio del Ambiente – MINAM, Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental)”.
- e. Efluente líquido de actividades minero – metalúrgicas: (*ds\_010-2010-minam.pdf*, s. f.) Viene a ser flujos regulares o estacionales sobre sustancias líquidas.
- f. Floculación: Son los procesos donde la partícula desestabilizada se entrelazan para la formación de una gran partícula estable o aglomerada (Aguilar, 2002, pág. 35).
- g. Laguna: Son depósitos naturales del agua, de manera general son dulces o de menor dimensión que los lagos (Real Academia Española –RAE).
- h. Límite máximo permisible (LMP): (*ds\_010-2010-minam.pdf*, s. f.): Son las medidas de las concentraciones, parámetro físico, químico y biológico, que se está caracterizando a un efluente, y si se excede causa daño a la salud humana.
- i. Mantenimiento: Son conjuntos de cuidados, indispensables para que una instalación, edificio e industria, pueda seguir operando de manera adecuada (Real Academia Española –RAE).
- j. Mezcla: Acciones o efectos de mezclas (Real Academia Española –RAE).
- k. Mina: Son excavaciones que se realizan para la extracción de minerales (Real Academia Española –RAE).
- l. Operación: Es la regla que permite, la obtención de resultados (Real Academia Española –RAE).
- m. Parámetro: (*ds\_010-2010-minam.pdf*, s. f.): Son los elementos, sustancias químicas o biológicas sobre el efluente líquido de una actividad minera, definiendo su calidad y regulado por un Decreto Supremo.
- n. pH: Muestra la expresión de intensidad de la condición alcalina o acida de un determinado líquido. “Puede variar entre 0 y 14, en donde 0 es lo más ácido y

7 es neutral. Cuerpos de agua naturales normalmente tienen un pH entre 6.5 y 8.5” (<https://espanol.epa.gov/espanol/glosario-ambiental-bilingue>).

- o. Remoción: Acciones y efectos de remover (Real Academia Española –RAE).
- p. Remover: Mudarse de una parte a otra (Real Academia Española –RAE).
- q. Zinc: Es de color blanco, de numero atómico 30, y se utiliza para fabricar pilas eléctricas (Real Academia Española –RAE).

## 2.5 Variables

Definición y operacionalización de variables: categorías y subcategorías

Variable:

Remoción del zinc.

Categorías: Son las siguientes

C1: Características de las partículas.

C2: Teoría de la coagulación.

C3: Practica de coagulación.

C4: Teoría de la floculación.

C5: Teoría de mezcla.

C6: Practica de mezcla.

C7: Operación y mantenimiento.

Subcategorías: Son las siguientes

SC1C1: Definición de las propiedades eléctricas de las partículas.

SC1C2: Definición de la física-químico de la coagulación.

SC1C3: Definición de la selección del coagulante y su dosis.

SC1C4: Definición de la dinámica de la floculación.

SC1C5: Definición de la gradiente y velocidad.

SC1C6: Definición de los criterios de inyección y mezcla.

SC1C7: Definición de los criterios de operación y mantenimiento.



2.6.1 Definición conceptual: El zinc se elimina generalmente por la precipitación como hidróxido. El zinc es un metal anfótero cuya solubilidad aumenta a pH alto y bajo.

2.6.2 Definición operacional: La empresa tiene tratamientos que no remueven el zinc de manera eficaz, por no contar con un proceso de coagulación que es un paso antes del proceso de floculación, entonces sería necesario implementarlo, y según lo descrito párrafos arriba, se toma en cuenta la concentración de zinc que debe ser removida y que la calidad del efluente deseado se logre mediante el proceso de: coagulación - floculación y sedimentación para el tratamiento desarrollado en esta tesis.

**Tabla 2**  
**Operacionalización de variables**

<b>Categorías (Dimensiones)</b>	<b>Sub Categorías (Indicadores)</b>	<b>Métodos</b>	<b>Unidad de análisis</b>	<b>Técnicas</b>	<b>instrumento</b>
Características de las partículas - C1	Definición de las propiedades eléctricas de las partículas SC1C1.	✓ Análisis ✓ Inducción ✓ Hermenéutica	Equipo de ingenieros expertos	✓ Entrevista ✓ Observación ✓ Análisis documental	✓ Guía de entrevista ✓ Guía de observación ✓ Ficha de análisis documental
Teoría de la Coagulación – C2	Definición de la física-químico de la coagulación SC1C2				
Practica de Coagulación – C3	Definición de la selección del coagulante y su dosis SC1C3				
Teoría de la Floculación – C4	Definición de la dinámica de la floculación SC1C4				
Teoría de mezcla – C5	Definición de la gradiente y velocidad SC1C5				
Practica de Mezcla – C6	Definición de los criterios de inyección y mezcla SC1C6				
Operación y mantenimiento – C7	Definición de los criterios de operación y mantenimiento SC1C7				

Fuente: Mackenzie L. Davis (2010) “Agua y aguas residuales ingeniería principios de diseño y practica”, capítulo 6 “Coagulación – Floculación”, 2010.

Elaboración: Propia

## CAPITULO III: METODOLOGÍA DE ESTUDIO

### 3.1 Tipo de estudio

La presente investigación se desarrolla en base al enfoque cualitativo es de nivel y carácter descriptivo, en el cual se utilizará los métodos de análisis, inducción y la hermenéutica; así como las técnicas de entrevista estructurada, observación y análisis documental, acorde con (Alvarez-Gayou Jurgenson, 2003, págs. 80, 105,163).

Acorde con Strauss y Corbin (2002, pp. 26-27) en el libro “Bases de la investigación cualitativa. Técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada”; la investigación cualitativa produce hallazgos a los que no se llega por medio de procedimientos estadísticos, el grueso del análisis es interpretativo, realizado con el propósito de descubrir conceptos y relaciones, y luego organizarlos en un esquema explicativo teórico.

Según Vargas (2011, pág. 15) al referirse a este tipo de investigación, se hace uso de la metodología cualitativa, la cual asume una postura epistemológica hermenéutica llamada también “interpretativa”. Así pues, de acuerdo a Guardián-Fernández (2007, pp. 58-59) la investigación cualitativa posee las siguientes características del paradigma interpretativo según las siguientes dimensiones: teoría interpretativa, contextualizada, entre otros.

### 3.2 Diseño

Se explicará detalladamente el procedimiento que se seguirá para el estudio cualitativo. Entre la clasificación de diseños el investigador puede utilizar entre otros:

- a. Estudio de caso: Tratándose de un solo caso el estudio porque es exploratorio, cuando concierne a dos o más casos el estudio es comparativo.
- b. Estudio histórico: Cuando la investigación tiene una perspectiva histórica.
- c. Investigación Participativa: La misma que son actividades que se combinan, las diversas formas de interrelacionarse con el estudio y la acción de determinado ámbito seleccionado para el estudio.
- d. Hermenéutico: Cuando interpreta y analiza fuentes de información bibliográfica en búsqueda de significado e interpretación.
- e. Fenomenológico: No existe dudas de la información valida.
- f. Etnográfico: Está enmarcado por grupos étnicos, y con ello acompaña la regla, norma, y la sanción.

g. Investigación acción: Es cuando se requiere resolver un determinado problema.

Según (Ñaupas, Mejía, Novoa, & Villagómez, 2014), el estudio de caso se busca por medio de la experiencia el estudio de un problema práctico o situación específica, por su parte (Monje Álvarez, 2011), señala que se necesita el estudio de la interacción con el medio de grupos o individuos. Asimismo, se pretende la descripción de la obtención del conocimiento con mayor profundidad.

El estudio de caso se relaciona con la problemática de la presencia de zinc en el efluente de la mina Contonga, para así no afectar a los componentes ambientales y la salud de los pobladores.

De acuerdo a lo mencionado por Yin (1994, pág. 21), los estudios de casos son estrategias sobre estudios separados y posee su diseño de investigación. Sin importar que sean estudios explicativos, descriptivos o exploratorios.

En la ruta cualitativa, de acuerdo a (Duran, 2012), el estudio de caso es un opción buena en epistemología, según (Stake, 1978, 2005) es de utilidad en temas de corte humano por su gran flexibilidad y guarda una buena armonía con los lectores (Duran, 2012 pág. 121).

Al respecto, luego de una breve explicación sobre los tipos de diseño, debemos señalar que el presente trabajo de investigación será de clasificación estudio caso.

### 3.3 Escenario de estudio

El lugar de estudio corresponde al paraje de Contonga, distrito de San Marcos, provincia de Huari, departamento Ancash, zona favorecida por una geología mineralizada que permite el desarrollo de la actividad minera.

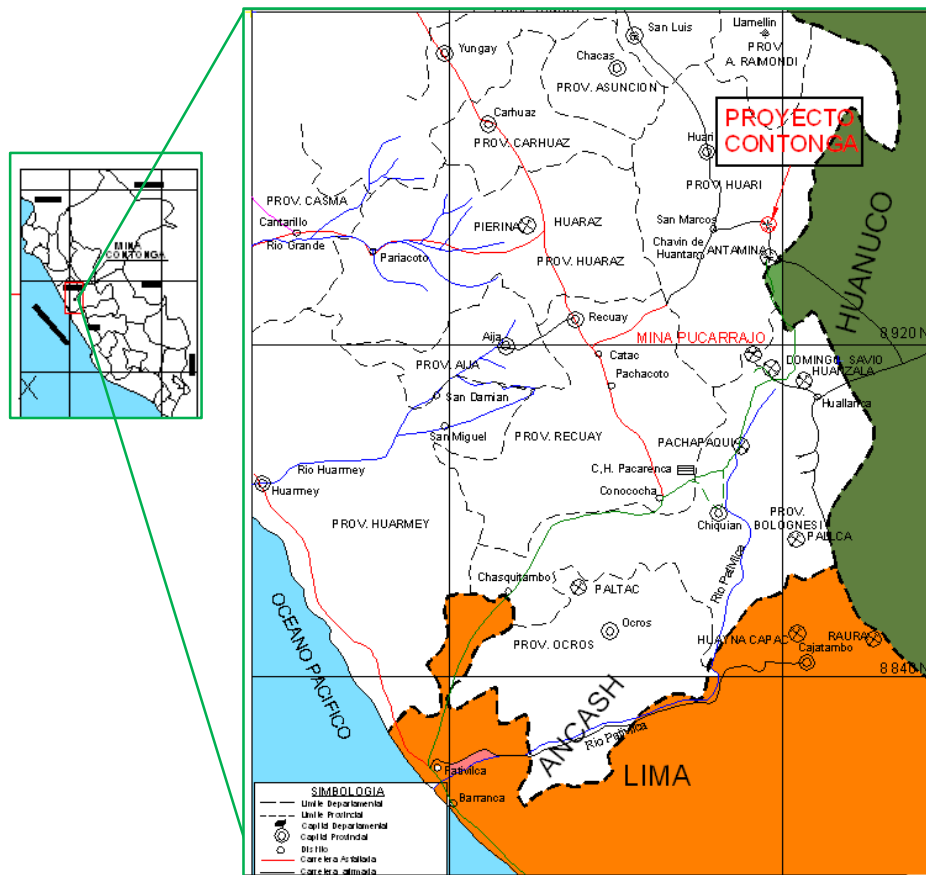
#### 3.3.1 Localización

El proyecto a desarrollar se encuentra enmarcado en las siguientes coordenadas UTM: Latitud: 8949403 S y Longitud 271742 W.



**Figura 1**  
**Localización de la mina Contonga**  
 Fuente: Google Earth

### 3.3.2 Ubicación



**Figura 2**  
**Ubicación del área de estudio**  
 Fuente: Elaboración propia

### 3.4 Caracterización de unidad de análisis

Los ingenieros son profesionales en ingeniería ambiental, conocedores del manejo y gestión del manejo de efluentes industriales, se considera los perfiles que se detallan a continuación:

**Tabla 3**  
**Codificación de los perfiles**

Informante	Descripciones	Códigos
5 ingenieros ambientales	Ingeniero 1	P-1
	Ingeniero 2	P-2
	Ingeniero 3	P-3
	Ingeniero 4	P-4
	Ingeniero 5	P-5

Fuente: Elaboración propia

### 3.5 Trayectoria metodológica

Con respecto a la trayectoria metodológica se desarrolló según las fases de planificación, ejecución, la transcripción y culmina con la triangulación.

#### a. Planificación del trabajo de campo

En la fase se inicial se consideró la elaboración del instrumento de medición, basado con las variables de estudio. De modo tal, se coordinó con los ingenieros especialistas en el campo del manejo y tratamiento de efluentes industriales a fin de poder llevar a cabo la entrevista en el marco de estudio.

#### b. Ejecución del trabajo de campo

Desde el 29 de abril al 11 de mayo del año 2019, se ejecutó el trabajo de campo, donde se entrevistaron a cinco (5) ingenieros ambientales, especialistas en el manejo y gestión de efluentes industriales.

#### c. Transcripción de datos, codificación y categorización

Según Katayama (2014, p. 97,98) señala lo siguiente “la transcripción es hecha a todo material recolectado como las entrevistas, así mismo mencionó que esta se compone de sub etapas como la edición, categorización y codificación, registro datos cualitativos y la tabulación de datos; es la presentación de los datos cualitativos de modo organizado de acuerdo con las categorías, pudiendo ser representado mediante cuadros, diagramas y matrices”. Siendo esta etapa

muy importante porque son el transcrito de los resultados del trabajo de campo para dejar la opinión de los especialistas en el tema de la investigación.

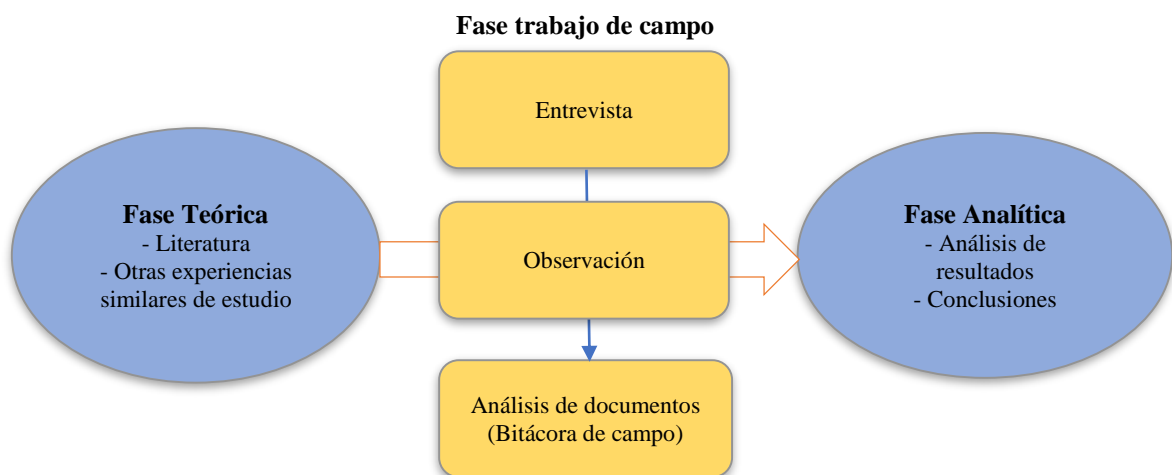
d. Triangulación

Por otro lado Muñiz, (2008, p. 5) “la triangulación consiste en observar las concordancias o diferencias, en la comprobación de las inferencias extraídas de una fuente de información mediante el recurso a otra, la cual contribuye a solidificar el rigor de la investigación”. Por su parte (Wassermann, 1999, p. 72) señala que “a través de la triangulación se busca comprobar la validez de la información recopilada por el investigador, y en el estudio de caso esto acarrea de nuevo contrastar los datos del estudio, obtenidos de primera mano sobre el terreno”. Finalmente, la triangulación brindara al investigador conocer a profundidad los aspectos de la comprobación de la validación de los informes que fueron recopilados para así conciliarlos con los datos del estudio.

A su vez Cisterna (2005, p. 68) menciona que “el desarrollo de triangulación desde la hermenéutica comprende la acción de actividad social y cruce dialéctico de toda la información pertinente al objeto de estudio que aparece en una exploración a través de los instrumentos que corresponden, y que en esencia constituye el corpus de resultados de la exploración”. Por lo tanto, es muy valioso la asociación de actividades sociales y la dialéctica de informaciones relevantes sobre el objetivo del estudio.

### 3.6 Mapeo

En la siguiente figura se indica la metodología utilizada para el proceso relacionado con el tipo de diseño por estudio de caso.

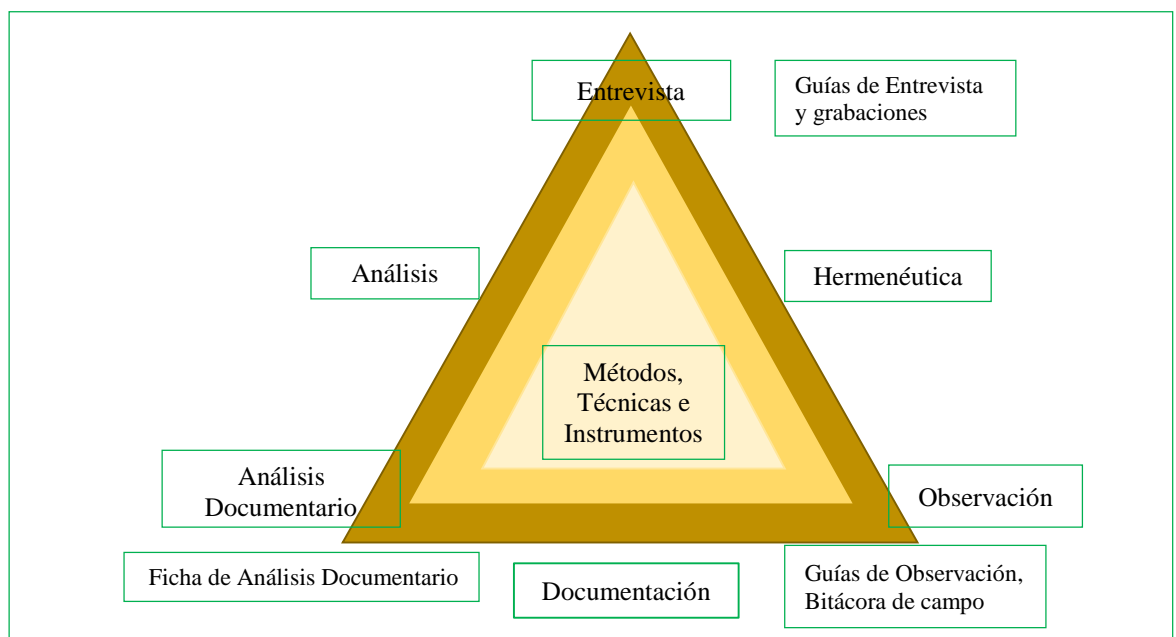


**Figura 3**  
**Modelo de mapeo sobre el proceso metodológico de estudio de caso**

Adaptado de “El Estudio de casos como Metodología de investigación y su importancia en la dirección y administración de empresas”, por Castro (2010, p. 50). Costa Rica: Revista Nacional de Administración.

### 3.7 Rigor científico

Según Vargas (2011, p. 15,16), el rigor científico debe estar sustentado en “la validez interpretativa, porque se da por hecho una posición epistemológica hermenéutica, en relación al entendimiento que le proporciona sentido a la verdad investigada como un todo”. Por lo cual el entender los sucesos en el estudio es valioso para su análisis y brindar los aportes de mejora.



**Figura 4**  
**Triangulación de métodos, técnicas e instrumentos**

Fuente: Valdivia (2016, p. 55)



### 3.8 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica utilizada para la recolección de datos en el estudio fue la entrevista, la técnica de la entrevista, según Báez y Pérez de Tudela (2007, pág. 110):

Es una técnica de investigación intensiva que se utiliza para profundizar en aquellos aspectos más teóricos y globales que constituyen el discurso especializado (ideológico y profesional) sobre un tema y los fundamentos en que este se apoya. Por su esquema de funcionamiento es la situación de investigación en la que se da la máxima interacción posible entre un informante y un investigador.

Mediante la técnica interrogativa (Figura 1), se recogió la percepción de los ingenieros que se seleccionaron por medio de la comunicación entre el entrevistador y los entrevistados. Se realizó la elaboración del guion de entrevistas semiestructuradas, como instrumento permitiendo que el entrevistador mediante una lista de ítems específicas, se obtiene informaciones de manera literal por parte del entrevistado respondiendo con mayor o menor libertad (Flick, 2004, pág. 96).

**Tabla 4**  
**Técnicas e instrumentos para la recolección de datos**

<b>Técnicas</b>	<b>Instrumentos</b>	<b>Propósitos</b>
<b>Entrevista</b>	Guía de entrevista a los ingenieros expertos en la materia	Recoger información sobre la experiencia y conocimiento de la remoción del zinc mediante la coagulación y floculación.
<b>Observación</b>	Guía de observación	Observación sistemática del efluente generado en la mina Contonga.
<b>Análisis documentario</b>	Bitácora de campo	Registrar información documentaria del objeto de estudio y el entorno.

*Elaboración propia.*

### 3.9 Descripción de procedimientos de análisis

Para Babbie (2010) la clave para realizar el procesamiento y análisis de la información obtenida en la investigación cualitativa, es codificar y clasificar o categorizar en piezas individuales.

Por otro parte, Miles, Huberman y Saldaña (2014) sostienen que los códigos que se establezcan posibilitan la organización de los datos para el análisis, por lo tanto,

estos deben ser precisos permitiendo la organización de los conceptos para obtener resultados creíbles y confiables.

Según Wester (1995) la constante comparación y trabajo analítico es una estrategia que se da en la investigación cualitativa teniendo en cuenta las siguientes fases: La exploración: descubrimiento de conceptos, la especificación: desarrollo de conceptos, la reducción: determinar conceptos base y la integración: desarrollo de la teoría final (citado en Boeije, 2010).

De esta forma se construirá una matriz de elaboración acerca de las percepciones de los ingenieros sobre la remoción del zinc en el efluente de la mina Contonga mediante la coagulación y floculación, seleccionando lo más significativo, lo que permitió identificar, describir, y analizar las ideas que tenían cada uno de ellos.

## CAPITULO IV: RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS





## 4.1 Resultados

### 4.1.1 Descripción de resultados

Para el análisis y respuesta del objetivo general planteado, se utilizó y aplicó técnicas como las entrevistas y los análisis documentario, que es describir e interpretar de qué manera la aplicación de la coagulación y floculación en el efluente de la mina Contonga logrará la remoción del zinc y evitar afectar negativamente al medio ambiente y personas que entren en contacto con ella.

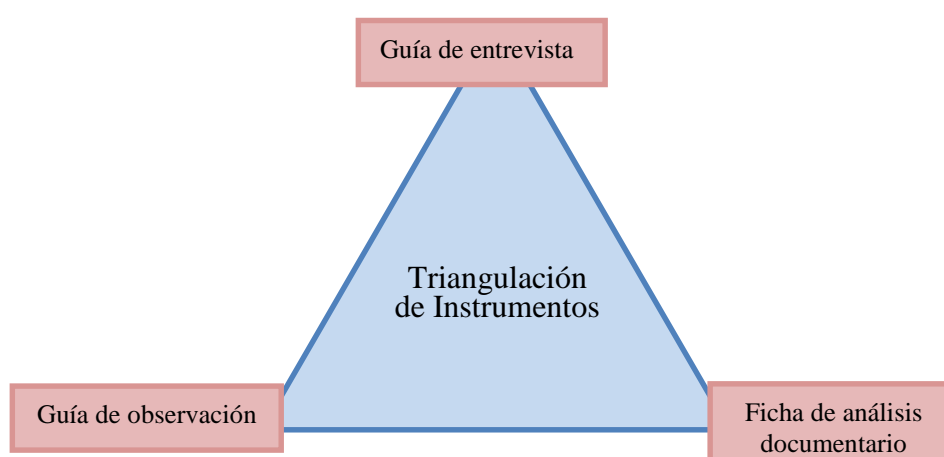
Por es necesario mencionar que según Creswell (2005) indica que el tamaño de los grupos varía dependiendo del tema: tres a cinco personas cuando se expresan emociones profundas o temas complejos (citado por Sampieri, 2014).

**Tabla 5**  
**Triangulaciones y unidades de análisis**

Métodos 	Unidad de Análisis 	Técnicas 	Instrumentos 
- <b>Análisis.</b> - <b>Documentación.</b> - <b>Hermenéutica.</b>	Cinco ingenieros especialistas en la gestión y manejo de tratamiento de aguas residuales industriales	- Entrevista - Observación - Análisis documentario	- Guía de entrevista. - Guía de observación - Ficha de análisis documentario.

Nota: Tomado de Anexo A-Matriz Metodológica

Como primer paso, relacionado a brindar respuestas al objetivo del estudio, se aplica la triangulación como técnica de recolección de datos.



**Figura 5**  
**Triangulación de instrumentos en la investigación**  
**Fuente:** Valdivia, 2016, pág. 55.

#### 4.1.2 Entrevista

Se elaboró bajo el rigor científico, considerando siete categorías y siete subcategorías basado en el libro base de “Mackenzie L. Davis (2010) Water and Wastewater Engineering Design Principles and Practice capítulo 6 Coagulation and Flocculation” a partir del cual se elaboró, valido y aplicó una entrevista de tipo semiestructurada, dirigido a cinco ingenieros especialistas sobre el tratamiento del agua residual industrial; el tema central de la entrevista fue la coagulación y floculación relacionado al tratamiento del agua residual industrial, cuyo fin es de conocer aspectos importantes de la aplicación de la coagulación y floculación para la remoción del zinc en el efluente de la mina Contonga. Cada profesional consultado expresó según su experiencia y conocimiento respecto al tema planteado, obteniendo los resultados cualitativos presentados en la presente investigación, según las categorías se tiene lo siguiente:

##### a. Categoría N° 1: "Características de las partículas" (C1)

En primer lugar, la partícula coloidal, es la principal causa que genera la turbiedad y del color, entonces el tratamiento del efluente está dirigido a la remoción de la mencionada partícula, por ellos es importante conocer sus características como las cargas eléctricas superficiales de las partículas, a fin de conocer cómo ha de neutralizarse las mismas a fin de conseguir su desestabilización y posterior remoción. Por otro lado, las partículas coloidales presentan una doble capa eléctrica, esta partícula coloidal contiene de manera normal cargas eléctricas negativas, situado sobre su superficie, denominándose carga primaria, y atraído por iones positivos del efluente, por tanto, presenta características de adherencia, el cual se adhiere a la partícula y causa atracción alrededor de iones negativos y siempre acompañado de cantidades débiles de iones positivos. Cabe precisar que el ion que se adhiere de manera fuerte a las partículas es desplazado junto a ella, formando la capa adherida o de manera comprimida y el ion que se adhiere de manera débil está constituido por una capa difusa. Entonces existe un insumo electrostático entre la superficie de las partículas y el efluente, denominado Potencial Zeta, ella nos señala el potencial necesario para lograr la penetración de la capa ionica que se encuentra alrededor de una partícula, con el fin de desestabilizarla. Por lo tanto, el potencial zeta se

considera como potencia electrostática que existe entre cada capa que se sitúan alrededor de cada partícula.

Por último, debemos señalar que existen factores de estabilidad e inestabilidad, a la cual están sometidas las partículas coloidales, como atracción de fuerza de Van der Waals y la fuerza de repulsión electrostática.

Debemos iniciar indicando que, las partículas son la causante de la turbiedad y del color del agua, en este sentido, el tratamiento del efluente tendrá como objetivo la remoción de las partículas mencionadas, para tal objetivo es importante conocer cada característica como las cargas eléctricas superficiales de cada partícula, cuyo fin es de neutralizar, conseguir su desestabilización y posterior remoción. Las partículas coloidales presentan una doble capa eléctrica, y se encuentra de manera normal una carga eléctrica negativa denominada carga primaria, atrayendo iones de carácter positivo del efluente, este último se considera como características de Adherencia, siendo fuerte la adherencia de cada partícula, atrayendo a su alrededor un ion negativo, acompañado de cantidades débiles de ion positivo. El ion que se adhiere de manera fuerte a la partícula se desplaza con ella, formando capas adheridas o comprimidas, y el ion que se adhiere de manera débil constituye la capa difusa, por lo tanto, existe un potencial electrostático entre la superficie de cada partícula y el efluente denominado Potencial Zeta, la mencionada medida nos señala el potencial que se necesita para poder atravesar la capa iónica alojada en entorno de cada partícula, cuyo fin es de desestabilizarla.

Las partículas coloidales, son de muy bajo diámetro, y es la verdadera causa del factor turbio y del color del agua, por tanto, es de importancia conocer sus características en especial su carga eléctrica superficial, para saber cómo ha de neutralizarse las mismas a fin de conseguir su desestabilización y posterior remoción, las partículas presentan una doble capa eléctrica, la mencionada partícula coloidal contiene de manera normal cargas eléctricas negativas situadas sobre la superficie, las mencionada cargas denominada carga primaria, atrayendo el ion positivo del efluente, entonces, presenta características de adherencia, y/o adsorción por lo que tiene una asociación entre área y masa grande, y con mayor adsorción de capacidad, mediante la fuerza de Van der

Waals se da todo ello, y del enlace interatómico. De manera adicional se señala que el ion que se adhiere de manera fuerte a cada partícula, se desplaza con ella, formando capas adheridas o comprimidas, y el ion que se adhiere de manera débil constituye una capa difusa, entonces existe un potencial electrostático situado entre la superficie de cada partícula y el efluente denominado Potencial Zeta, siendo una medida utilizada siempre con frecuencia. Siendo un indicador preciso y claro para poder conocer el real potencial y realizar la penetración de la capa iónica, alojada en cada partícula, cuyo fin es de desestabilizarla. Asimismo, existen factores de estabilidad e inestabilidad, a la cual están sometidas las partículas coloidales, como la fuerza de atracción de Van der Waals y la fuerza de repulsión electrostática. Asimismo, mediante las técnicas de coagulación y floculación se busca desestabilizar químicamente estas partículas coloidales descritas anteriormente produciendo una neutralización a la fuerza que lo mantiene separado, mediante la adición de alguna clase de coagulante químico y la correcta aplicación de la energía.

Para obtener un resultado con alto porcentaje de remoción de partículas coloidales mediante la técnica de coagulación y floculación, es preciso conocer las características de las partículas coloidales presentes en el efluente a tratar, tales como la carga eléctrica superficial ya que presenta doble capa eléctrica de los mismos signos haciendo que exista fuerza de repulsión entre ellas impidiendo la aglomeración para la sedimentación, y el potencial Zeta poder necesario para penetrar la capa iónica que rodea la partícula, para determinar su nivel de adherencia y estabilidad, con la finalidad de conocer el potencial necesario para desestabilizar la partícula coloidal, y posteriormente hacer uso correcto de productos químicos (dosis) alterando el estado físico de cada partícula.

Estas características, como el tamaño de las partículas, la afinidad, cargas Eléctricas y el factor de estabilidad e inestabilidad, permitiendo conocer cómo ha de tratarse la misma para conseguir su desestabilización de las partículas para su posterior remoción.

b. Categoría N° 2: "Teoría de la coagulación" (C2)

Es de suma importancia porque el objetivo de la coagulación la desestabilización de cada partícula coloidal, encontrándose en suspensión, para su favorecimiento hacia su aglomeración, ocasionando la eliminación de cada materia en suspensión estable. Respecto al aspecto físico debemos mencionar que existen los siguientes mecanismos para desestabilizar la partícula coloidal, la partícula coloidal desestabilizada, la doble capa eléctrica y su comprensión, además cuando dos partículas similares tienen aproximación sus capas generan interacción y fuerza de repulsión, estando en función de la distancia que lo separa y cae de manera rápida en el incremento de ion de carga opuesta a de cada partícula, consiguiéndose con el ion de coagulante adicionado, en segundo lugar se tiene la adsorción y neutralización de carga referida a la anulación del potencial existente entre las partículas, se obtiene por medio de la adición del producto de coagulación buscando desestabilizar la partícula por medio de la neutralizar la carga, en tercer lugar está la adsorción y puente entre partículas, debemos indicar que consiste en atrapar la partícula desestabilizada en un floc.

En relación al aspecto químico está relacionado con el pH, siendo importante en la coagulación donde cada efluente alcanza un rango de pH adecuado donde la coagulación accede a un lugar de manera rápida, dependiendo de su naturaleza del ion y de la alcalinidad del efluente, la dosis adecuada debe ser determinada mediante la prueba de jarras y la cantidad de coagulante para su aplicación.

En el aspecto físico debemos mencionar que existen los siguientes mecanismos para la desestabilización de las partículas coloidales, entre ellos tenemos: i) se tiene que comprender la doble capa eléctrica, aproximándose a dos partículas similares o semejantes, haciendo que cada capa difusa interactúen y ocasione fuerzas de repulsión; ii) adsorciones y neutralizaciones de la carga, la cual está referida a la anulación del potencial existente entre las partículas; iii) adsorción y puente entre partículas, en relación a la aglomeración de cada partícula desestabilizada mediante los puentes proporcionados por la floculación (moléculas de polímero), dando lugar al floc y; iv) atrapamiento de cada partícula en un precipitado, debido a que los tipos de coagulantes son óptimos y eficiente en rangos definidos. Por lo que, si no se tiene en cuenta el rango óptimo



de pH y se realice fuera de ella, lo más probable sea que se incremente la cantidad de coagulante incrementando a su vez el costo del tratamiento.

Con respecto al tema físico debemos mencionar que existen mecanismos para desestabilizar las partículas coloidales, la compresión de la doble capa eléctrica, el aumento de la concentración del electrolito, incorporando este ion de signo de manera contraria a las capas difusas, y generando disminución de la fuerza repulsiva y de la mano con el potencial zeta, en segundo lugar tenemos la adsorción y neutralización de cargas la cual está referida a la anulación del potencial existente entre las partículas, se obtiene por medio de la adición del producto de coagulación, buscando desestabilizar la partícula por medio de la neutralización de la carga, en tercer lugar está la adsorción y puente entre partículas, que viene a ser el atrapamiento de la partícula desestabilizada en un floc, por medio de la adición de molécula de polímero, formando el llamado puente entre la partícula coloidal y relacionado al atrapamiento de partícula en el precipitado.

Resulta importante conocer los aspectos físicos y químicos de la técnica de coagulación que logran desestabilizar a las partículas coloidales. Al respecto, en la parte física se consideran mecanismos que actúan sobre la capa eléctrica de las partículas coloidales, tales como compresión (incremento de iones de carga opuesta con adición de electrolitos o coagulantes), neutralización (el electrolito libera iones positivos con la suficiente densidad de carga para atraer a las partículas coloidales y neutralizar su carga), puente entre partículas (atrapamiento de las partículas desestabilizadas en un floculante) e inmersión en un precipitado o flóculo de barrido (las partículas coloidales sirven como núcleo de precipitación quedando inmersas dentro del precipitado). En referencia a la parte química se debe tener en cuenta el potencial de hidrógeno (pH) el cual es un factor crítico en el proceso de coagulación, ya que siempre existe un rango en el que el coagulante específico trabaja mejor, y que coincide con el mínimo de solubilidad de los iones del coagulante utilizado. Asimismo, es de considerar la agitación rápida de la mezcla antes de que comience a formarse el flóculo o precipitado.

Los aspectos físico-químicos, eliminan las dobles capas eléctricas que rodean a todas las partículas coloidales llevando a la desestabilización de un coloide, con la formación de núcleos microscópicos, así estos se aglomeran.

c. Categoría N° 3: "Practica de coagulación" (C3)

Los coagulantes más utilizados son las sales de Aluminio y de Hierro; cuando estas se adicionan al efluente se producen una serie de reacciones muy complejas donde los productos de hidrólisis son más eficaces que los iones mismos; es importante considerar la dosis del coagulante a utilizar, esta influye directamente sobre la eficiencia de la coagulación. Para la selección del coagulante y la cantidad óptima del coagulante a aplicar; se debe determinar mediante ensayos de pruebas de jarra o test de jarra en laboratorio.

Los coagulantes metálicos más efectivos en intervalos de pH de un mayor rango son las sales de Aluminio y de Hierro; estas sales reaccionan con la alcalinidad del efluente y producen los hidróxidos de aluminio o hierro que son insolubles y forman los precipitados. De otro lado la importante de considerar la dosis optima del coagulante a utilizar, influye directamente en la eficiencia de la coagulación, a poca cantidad del coagulante, no neutraliza totalmente la carga de la partícula, la formación de los microflóculos es muy escaso, mientras que la alta cantidad de coagulante produce la inversión de la carga de la partícula, conduce a la formación de gran cantidad de microflóculos con tamaños muy pequeños cuyas velocidades de sedimentación son muy bajas. La selección del coagulante y la dosis óptima del coagulante a aplicar, será determinado por pruebas de jarra o test de jarra en laboratorio.

La selección del coagulante es muy importante, toda vez que algunos tienen una mayor respuesta que otros, siendo los más utilizados las sales de Aluminio y de Hierro; por otro lado, es importante también considerar la cantidad del coagulante a utilizar, se relaciona con la eficiencia de la coagulación. La selección del coagulante y la dosis óptima; se determina por medio de ensayos en laboratorio. Esta selección del coagulante y la dosis se verá en la buena o mala calidad del agua clarificada o en el buen o mal funcionamiento de los demás equipos que comprende en sistema de tratamiento.

Es importante determinar el tipo y cantidad de coagulante (producto químico) a utilizar para el tratamiento de efluentes, teniendo en consideración las características del efluente a tratar (nivel de alcalinidad), ya que los productos químicos utilizados (sales de aluminio y de hierro) reaccionan químicamente con los componentes químicos del agua; y, así como desequilibran a las partículas coloidales provocando su separación, si se añade demasiado coagulante las partículas se cargan ahora con el signo contrario y pueden volver a dispersarse. La selección del tipo y cantidad óptima del coagulante a utilizar, se determina mediante ensayos de pruebas de jarra en laboratorio.

La selección del coagulante nos ayuda a definir a que los parámetros físico-químicos establecidos por la ley (Turbidez, pH) se cumplan y a la vez debe considerarse la disponibilidad en el mercado, su fácil dosificación, perecibilidad, el almacenamiento, transporte y manejo. En cuanto a la dosis optima, es aquella que produzca un pH dentro de un intervalo admisible y produzca una menor turbiedad final.

d. Categoría N° 4: "Teoría de la floculación" (C4)

La floculación es el proceso que sigue a la coagulación, es el crecimiento y aglomeración de los flóculos recién formados con la finalidad de incrementar el tamaño y peso necesarios para sedimentar con facilidad. Este proceso se puede dar de dos maneras, la primera llamada también floculación pericinetica, la cual es producido por el movimiento natural de las moléculas del efluente y esta inducida por la energía térmica, este movimiento es también conocido como el movimiento browniano y en segundo lugar está la floculación ortocinetica el cual consiste en las colisiones de las partículas debido al movimiento del efluente, el que es inducido por una energía exterior a la masa de efluente y que puede ser de origen mecánico o hidráulico. Es importante considerar que luego de la coagulación es necesario que se produzca la aglomeración de los microflóculos; para que esto suceda se produce primero la floculación pericinética luego se produce la floculación ortocinética. Por otro lado, debido a que las partículas de flóculo son de diferente tamaño, se sedimentan a diferentes velocidades, estas diferencias hacen que las partículas colisionen y floquen. Por otro lado, es importante señalar que para mejorar la floculación es una práctica común adicionar un floculante, el orden de esto es importante para lograr

resultados óptimos a un costo mínimo, siendo el primero en adicionarse el coagulante para luego agregarse un floculante.

La floculación es la aglomeración de los flóculos que luego sedimentara por acción de la gravedad. La floculación se da por el movimiento de las moléculas, es también conocido como el movimiento browniano y también se da por las colisiones de las partículas, por influencia externa. Para mejorar el proceso de floculación, es necesario adicionar un floculante.

La floculación es el conjunto de los flóculos que luego sedimentan. Es un proceso que es producido por el movimiento browniano y también por las colisiones de las partículas. Lo que se busca con la floculación es que se, sedimenten a diferentes velocidades, ya que estas diferencias harán que las partículas colisionen y puedan flocular.

La floculación, consiste en los fenómenos de transporte de las partículas coaguladas para provocar colisiones entre ellas promoviendo su aglomeración para sedimentar. Es así que la colisión de partículas toma importancia porque permite que tan pronto se agregue el coagulante al efluente, se inicien reacciones hidrolíticas que adhieren iones a la superficie de las partículas presentes en la suspensión, las cuales tienen la oportunidad de unirse por sucesivas colisiones (floculación pericinética o movimiento browniano y floculación ortocinética o turbulencia del líquido) hasta formar flóculos que crecen con el tiempo. Asimismo, se debe tener en cuenta que las partículas de mayor diámetro presentan mayor movimiento que influenciadas por la temperatura permiten que dicho movimiento contribuya a la estabilidad y aglutinamiento de las partículas en agregados mayores y favorecer a la floculación de las mismas.

El proceso de floculación permite que la aglomeración de partículas desestabilizadas forme microflóculos, y luego pasen a aglomerados más voluminosos llamados flóculos.

e. Categoría N° 5: "Teoría de mezcla" (C5)

La esencia de la coagulación eficiente es la eficiencia de mezclar el coagulante con el efluente cruda y la floculación eficiente requiere mezclarse para poner las partículas en contacto unas con otras. La floculación requiere un gradiente de

alta velocidad lo suficientemente para causar partículas de contacto y para evitar que los flóculos se asienten, pero lo suficientemente bajos para evitar que los flóculos se rompan. Según los estudios realizados se ha determinado que el rango óptimo de gradientes de velocidad para floculación varía entre 20 y 75 s<sup>-1</sup> y el de tiempos de retención entre 10 y 30 min, dependiendo de la calidad del efluente. Cuanto mayor sea el gradiente de velocidad, más rápida será la velocidad de aglomeración de las partículas. Entretanto, a medida que los flóculos aumentan de tamaño, crecen también las fuerzas de cizallamiento hidrodinámico, inducidas por el gradiente de velocidad. Los flóculos crecerán hasta un tamaño máximo, por encima del cual las fuerzas de cizallamiento alcanzan una intensidad que los rompe en partículas menores.

La importancia de la mezcla del coagulante con el efluente cruda es esencial, debido a que se tienen que garantizar la coagulación completa, dado que, transcurrido la etapa de mezcla rápida, inicia la aglomeración de partículas desestabilizadas llamados flóculos, esto sucederá en la segunda etapa de mezcla, denominada etapa de mezcla lenta. La floculación requiere un gradiente de alta velocidad lo suficientemente para causar partículas de contacto y para evitar que los flóculos se asienten, pero lo suficientemente bajos para evitar que los flóculos se rompan.

La floculación eficiente requiere mezclarse para poner las partículas en contacto unas con otras. La floculación requiere un gradiente de alta velocidad. Hay que entender que a mayor sea el gradiente de velocidad, más rápida será la velocidad de agrupación de las partículas. Los flóculos incrementan su tamaño máximo, por encima del cual las partículas podrían sufrir un revés al dispersarse en tamaños menores.

Al ser la neutralización de los coloides el principal objetivo del uso de coagulantes, es necesario que el producto químico empleado se difunda con la mayor rapidez posible, ya que el tiempo de coagulación es muy corto. Asimismo, al ser la colisión de partículas el responsable de su aglomeración en la floculación, se precisa establecer gradientes hidráulicos recurriendo a la mezcla y agitación. Cabe señalar que, la floculación es estimulada por la agitación lenta

de la mezcla que favorece a la unión de los flóculos; sin embargo, un mezclado intenso rompería los flóculos ya formados.

La mezcla del coagulante y floculante tiene lugar a sucesivas etapas, la importancia radica en que una vez desestabilizadas las partículas, la colisión entre ellas permite el crecimiento de los microflóculos, que apenas son visibles a simple vista, hasta formas mayores flóculos.

f. Categoría N° 6: "Practica de mezcla" (C6)

Es importante mencionar que en primer lugar se debe considerar la inyección del coagulante en el efluente y la dispersión del coagulante en el efluente llamada también mezcla instantánea o mezcla rápida, el criterio para ello debe estar basado en la efectividad, confiabilidad, requisitos de mantenimiento y costo; asegurando que la adición del coagulante al efluente sea permanente, para que el coagulante, genere dispersión y se mezcle con el efluente; existen muchos métodos de mezcla entre ellos la mezcla mecánica en línea (conocida como la licuadora en línea), la mezcla estática en línea (consiste en un tubo con línea helicoidal donde las paletas aseguran una mayor turbulencia), este sistema no presenta partes móviles y no requiere energía, esto no necesariamente es ventajoso toda vez que en un mantenimiento no facilita el cambio de alguna pieza si no la totalidad; asimismo la mezcla mecánica en tanque agitados, este tipo de método es usado cuando el coagulante tiene un carácter bajo de turbiedad, adicionando a la pequeña presencia de partícula. En relación a la floculación se pone a las partículas en contacto para que colisionen, permanezcan juntos y crezcan a un tamaño suficiente que lo haga fácilmente sedimentar o permitan su filtración, debe asegurarse la suficiente mezcla de tal modo que se asegure el contacto de los flóculos a fin de lograr su sedimentación, algunos autores recomiendan un tiempo mínimo de detención para la floculación de treinta (30) minutos. La poza de floculación debe al menos contar con tres compartimientos de modo tal que la velocidad de gradiente disminuya también, según Glumrb (2003) recomienda que el flujo a través de velocidades no sea menor de 0.15 m / s ni mayor de 0.45 m / s. La velocidad de flujo de la poza de floculación a la poza de decantación debe ser lo suficientemente baja para evitar el corte y la ruptura del floc, pero lo suficientemente alto como para mantener el floc en suspensión.

La inyección del coagulante en el efluente debe ser constante y uniforme cuya mezcla debe ser completa con el efluente. Esto deberá darse mediante mecanismos que aseguren dicha mezcla, en la actualidad existen sistemas en línea que permitan ello, estos mecanismos se caracterizan por generar turbulencias que permiten una mezcla adecuada.

Con respecto a la floculación es poner a las partículas en contacto para que colisionen, permanezcan juntos y crezcan a un tamaño suficiente que lo haga fácilmente sedimentar o permitan su filtración, debe asegurarse la suficiente mezcla de tal modo que se asegure el contacto de los flóculos a fin de lograr su sedimentación. La velocidad de flujo entre la poza de floculación y la poza de decantación debe ser baja para impedir el rompimiento del floc formado previamente.

Algunos productos químicos se suministran con una forma de presentación inadecuada para realizar una buena dosificación o mezcla. Por lo que, se realizan preparaciones previas de los productos químicos previo a su dosificación. Ello, se hace en depósitos similares a los de coagulación, de un tamaño no muy grande y con agitadores, y es de estos depósitos que se tomarán los reactivos para las bombas de dosificación. Las dosis se suelen expresar en miligramos de producto por litro de agua a tratar, y se utiliza la dosis que optimice los productos y reduzca al mínimo los costes. La dosis óptima se determina mediante ensayos denominados “pruebas de jarras”, que consiste en preparar una serie de coagulaciones y floculaciones con diferentes dosis de productos. Los resultados se pueden expresar gráficamente y de ellos se obtienen las condiciones óptimas de operación. Para la realización de preparados en forma disuelta o de suspensión, y para la dosificación final a los depósitos de coagulación y floculación, es necesario disponer de sistemas mecánicos adecuados, los cuales se diferencian en dos tipos de dosificación: por vía seca (es una tolva que puede ir complementada con un sistema volumétrico o gravimétrico) y por vía húmeda. Ahora bien, la realización de la mezcla precisa favorecer la formación de coágulos mediante mezclas rápidas (se aprovecha la turbulencia generada por un sistema hidráulico de hélices), y flóculos mediante mezclas lentas (turbulencia generada por paletas), a través de sistemas básicos hidráulicos y mecánicos, durante la mezcla de productos químicos con el agua a tratar. En el caso de

utilizar agitación mecánica, es importante disponer de un variador de velocidad en el proceso de floculación con el fin de ajustar la velocidad según el tipo de flóculo formado.

Se requiere del mezclado para destruir la estabilidad del sistema coloidal. Para que las partículas se aglomeren deben chocar, y el mezclado promueve la colisión. Casi siempre es necesaria energía adicional de mezclado. Un mezclado de gran intensidad que distribuya al coagulante y promueva colisiones rápidas es lo más efectivo.

g. Categoría N° 7: "Operación y mantenimiento" (C7)

Toma importancia dado que debe asegurar el ajuste de los dosificadores que debe estar en función del flujo del efluente, esta tarea debe ser permanente. Un punto resaltante es la etapa del monitoreo relacionado al sistema de alimentación del coagulante y floculante para detectar obstrucciones en las líneas, asimismo se debe realizar el mantenimiento de los mezcladores y las pozas de mezcla y sedimentación, estas tareas son una necesidad muy estrecha que ha de considerarse en la supervisión para asegurar la finalidad del tratamiento del efluente.

La importancia de una operación correcta es la dosificación necesaria, por ello es primordial verificar constantemente y asegurar el ajuste de los dosificadores considerando siempre el flujo del efluente. Asimismo, durante la operación debemos realizar el monitoreo del sistema, con el objetivo de realizar el mantenimiento oportuno de los mezcladores, las pozas de mezcla y pozas de sedimentación, las acciones antes señaladas aseguran el correcto funcionamiento del sistema y asegura el tratamiento óptimo del efluente.

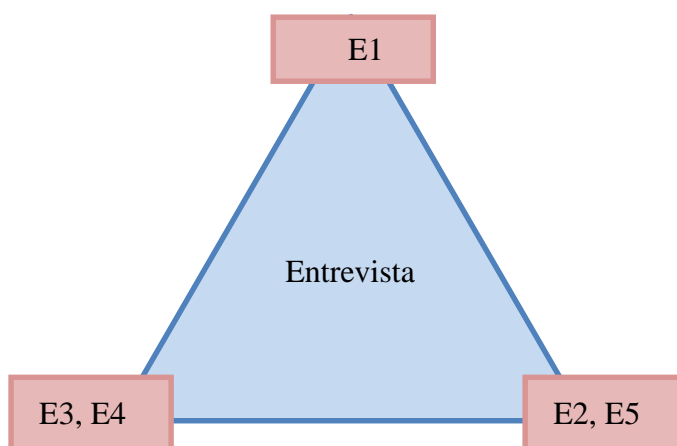
La importancia de mantener un tipo de planta de tratamiento físico – químico, genera desarrollo de dos aspectos: primero una destinada a prever averías, efectuar revisiones y la segunda es el prestar servicios orientado a conservar el funcionamiento óptimo de la planta, que debe contar con mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo. Además, es importante asegurar el ajuste de los dosificadores que debe estar en función del flujo del efluente, esta tarea debe ser permanente. También el monitoreo del sistema de alimentación del



coagulante y floculante para detectar obstrucciones en las líneas, asimismo se debe realizar el mantenimiento de los mezcladores y las pozas de mezcla y sedimentación, estas tareas en conjunta son de prioridad en estos tipos de tratamiento para conseguir un proceso adecuado en el tratamiento del efluente.

La operación y mantenimiento adecuado del sistema de dosificación, es valioso hacia el adecuado rendimiento de una planta de tratamiento en su etapa de coagulación y floculación. El sistema de dosificación de sustancia química debe abarcar lo siguiente: (i) la inclusión de programas sobre mantenimiento preventivos, (ii) reemplazar unidades alternas para el procesos relacionada a la coagulación y la desinfección, (iii) evaluación de las condiciones físicas de los edificios y el ambiente que contiene el equipo de dosificación, (iv) Desagregación de sustancia química que no sea compatible con otras, (v) programas informativos sobre el manejo adecuado de sustancia química peligrosa, (vi) identificar posible derrame de sustancia química y la correcta ubicación de drenaje adecuado en el área que se ubica la sustancia química, (vii) utilización correcta y segura de equipos de seguridad y protección y (viii) el sistema de dosificación de sustancia química debe ser calibrado periódicamente.

Es importante ya que garantizar un perfecto funcionamiento en todos los equipos involucrados en el proceso de tratamiento de efluentes.



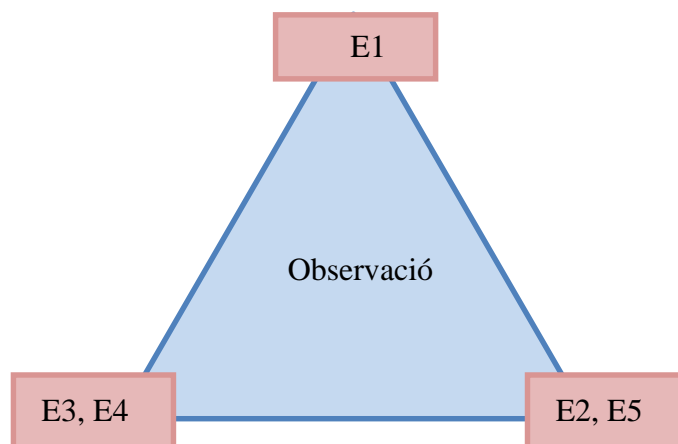
**Figura 6**

**Triangulación de entrevistas de Especialistas**

Adaptado de Coaguila, D. Perfil profesional de egresados del Cetpro Guadalupe frente a la demanda del mercado laboral de Ica, 2015. Tesis.

### 4.1.3 Observación

De acuerdo a las entrevistas ejecutadas a los cinco ingenieros especialistas en temas de tratamiento de aguas residuales industriales se observa que los profesionales conocen el tema y han realizado aportes importantes en la presente investigación.



**Figura 7**  
**Triangulación de observaciones**  
**Fuente:** Coaguila, 2015.

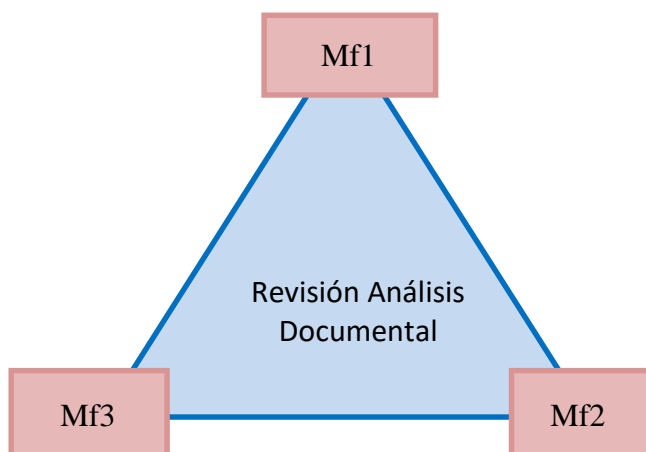
#### Resultados de las observaciones según categorías y subcategorías

<b>Categorías</b>	<b>Resultado</b>
<b>Características de las partículas</b> <b>Sub categoría</b> <b>Definición de las propiedades eléctricas de las partículas</b>	Los entrevistados mostraron su conocimiento en el tema, señalan lo importante que es la desestabilización de las partículas a fin de luego buscar su sedimentación, señalando para ello que se debe conocer la capa eléctrica, doble capa eléctrica y el potencial z, sin embargo esta última característica no fue nombrado por el último entrevistado.
<b>Teoría de la Coagulación</b> <b>Sub categoría</b> <b>Definición de la física y química de la coagulación</b>	Los especialistas señalan que la parte física del proceso se resume a la comprensión de la doble capa eléctrica; adsorción y neutralización de las cargas eléctricas; adsorción y puente entre partículas y el atrapamiento de las partículas en un precipitado (floc), con respecto a la parte química señalan que se debe tener en consideración el rango del pH a fin de lograr un desempeño óptimo del coagulante, el quinto especialista no hizo referencia alguna al aspecto químico.
<b>Práctica de Coagulación</b> <b>Sub categoría</b> <b>Definición de la selección del coagulante y su dosis</b>	Los especialistas señalan que los coagulantes más usados son las sales de Aluminio y Hierro, considerando la dosis como un factor importante que influirá en la eficacia de la coagulación, con respecto a la selección del coagulante y la dosis, estas deben determinarse en laboratorio mediante las

	pruebas de jarra o test de jarra. El quinto entrevistado no señaló con respecto a la selección del coagulante y su dosis.
<b>Teoría de la Floculación</b> <b>Sub categoría</b> <b>Definición de la dinámica de la floculación</b>	Con respecto a la floculación los especialistas señalan que es la continuación de la coagulación y que se busca la aglomeración de las partículas desestabilizadas, la cual se da por medio de dos maneras, la primera es la pericinetica y la segunda es la ortocinetica, sin embargo el quinto entrevistado dio los alcances pero no hizo referencia a estas dos maneras de floculación.
<b>Teoría de mezcla</b> <b>Sub categoría</b> <b>Definición de la gradiente y velocidad</b>	Los especialistas señalan que la importancia de la mezcla radica en poner en contacto el coagulante y floculante con las partículas del efluente, para ello se requiere de un gradiente de velocidad que asegure la mezcla y formación de flóculos, sin que ello signifique que las fuerzas de cizallamiento, considerando que esta comprende 20 y 75 s <sup>-1</sup> , y una retención de 10 y 30 minutos, tanto el cuarto y quinto entrevistado no señalaron ningún criterio para la gradiente y la retención.
<b>Practica de Mezcla</b> <b>Sub categoría</b> <b>Definición de los criterios de inyección y mezcla</b>	Con respecto al tema de la práctica de la mezcla los ingenieros especialistas señalan que debe existir un mecanismo que asegure la mezcla continua y permanente del coagulante y floculante sobre el efluente a fin de lograr la desestabilización y posterior sedimentación, para ello los tres primeros entrevistados señalan que existen la mezcla en línea y la estática y que la poza de floculación debería contar con mínimo tres compartimientos, mientras el cuarto entrevistado indica que debe haber sistemas mecánicos o hidráulicos adecuados para la inyección y mezcla, finalmente el quinto entrevistado señala
<b>Operación y mantenimiento</b> <b>Sub categoría</b> <b>Definición de los criterios de operación y mantenimiento</b>	Los especialistas señalan que los sistema deben asegurar un funcionamiento óptimo del sistema, evitando problemas de inyección o abastecimiento, para ello debe contarse con un monitoreo permanente del sistema que asegure el correcto funcionamiento del mismo, el cuarto entrevistado sugiere considerar un programa de mantenimiento preventivo del sistema.

#### 4.1.4 Análisis documental

Se apreció la presencia de zinc en el efluente de la mina Contonga, está excediendo lo determinado en la norma “Decreto Supremo N° 010-2010 MINAM”, quien señala el límite permitido sobre la descarga de efluentes líquidos vinculado a la actividad minera.

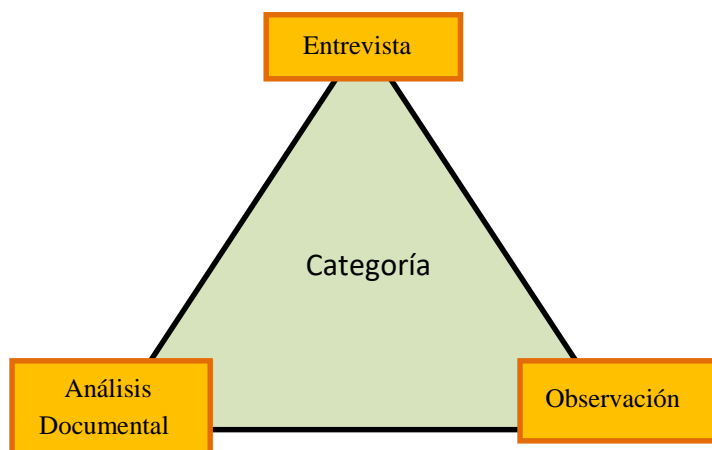


**Figura 8**  
**Triangulación de análisis documental**

**Fuente:** Adaptado de Coaguila, D. Perfil profesional de egresados del Cetpro Guadalupe frente a la demanda del mercado laboral de Ica, 2015. Tesis.

#### 4.1.5 Descripción de las categorías explicativas

Se detalla la manera de describir la categoría explicativa, comenzando con el libro que sustenta el estudio, la secuencia de codificar, la categoría y subcategoría fue visualizada mediante una frase codificada, posteriormente se elaboró la triangulación, se entrevistó a expertos de ingeniería, asimismo se triangulo la observación y las revisiones documentales. (ver figura 5).



**Figura 9**  
**Triangulación de entrevista, observación y análisis documental**

**Fuente:** Coaguila, 2015.

A continuación, se expone los resultados hallados:

En referencia a la categoría “Características de las partículas” los profesionales entrevistados señalaron que es importante tener en cuenta las características de

la partícula coloidal, sobre el tratamiento del efluente, por medio de técnicas de coagulación y floculación, asimismo las cargas eléctricas de la partícula coloidal, la doble capa eléctrica de las partículas y su potencial z (poder suficiente para penetrar la capa iónica que rodea la partícula), son aspectos esenciales a considerar sobre desestabilizar la partícula por medio de adicionar coagulantes y continuar en proceso de la remoción de las partículas coloidales del efluente.

Con respecto a la categoría “Teoría de la coagulación” los profesionales entrevistados indicaron, que desestabilizar la partícula en relación a la suspensión se debe realizar la adición de electrolito o coagulante, comprendiendo la parte física, cuyos mecanismos de actuación son: comprender la doble capa, neutralizar la carga iónica, asimismo el aspecto químico se relaciona a la importancia del pH hacia el óptimo proceso de coagulación, que requiere una actuación en un rango óptimo, ella se da según las características del ion y la alcalinidad del efluente permitiendo así la una coagulación adecuada y oportuna y respecto a la dosis optima (cantidad de coagulante a aplicar), indican que esta debe ser determinado por medio de pruebas en laboratorio (prueba de jarras).

Sobre la categoría “Practica de coagulación” los profesionales entrevistados señalaron, es de suma importancia la selección del coagulante, toda vez que existe un amplio espectro de actuación de estas según el objetivo, sin embargo, señalan que las más utilizadas son la sal de aluminio y de hierro, produciendo hidróxido de aluminio y hierro a consecuencia de la reacción con la alcalinidad del efluente, asimismo indican que la dosis del coagulante se debe manejar una cantidad optima, dado que un exceso genera una inversión de la carga y un defecto no neutralizara la carga de partícula origina poca formación de microfoculos, que seleccionar el coagulante y establecer la dosis adecuada para ser determinado por medio de pruebas en laboratorio (prueba de jarras) cuyos resultados se verán en una buena o mala calidad del efluente tratado.

Con respecto a la categoría “Teoría de la floculación” los profesionales entrevistados señalaron, que la importancia de la floculación en la remoción del zinc, comprende dos etapas, siendo la primera la floculación pericinetica y la

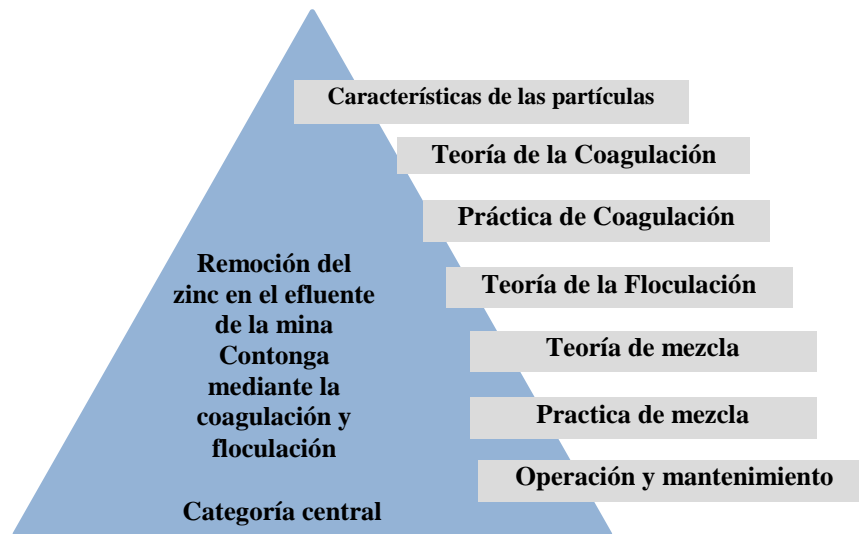
floculación ortocinetica, los mencionados procesos permitirán la aglomeración de las partículas desestabilizadas y formación posterior de un aglomerado de mayor volumen denominado floculo, para así finalmente sedimentar.

En referencia a la categoría “Teoría de la mezcla” los profesionales entrevistados señalaron, este proceso es importante porque la mezcla en la coagulación y floculación permite lograr la desestabilización y formación de flóculos de las partículas, por ello se debe considerarse la difusión rápida del coagulante en el efluente, asimismo debe garantizarse una floculación adecuada mediante la colisión inmediata y rápida de las partículas, para ello se requiere la determinación de gradientes hidráulicos, mediante las mezclas y agitaciones, con ello se asegura la velocidad asegure la aglomeración de las partículas, sin que llegue a un máximo gradiente de velocidad donde actúan las fuerzas de cizallamiento, los cuales incidirán en la ruptura de los flóculos formados en tamaños menores y no permitirán la sedimentación de los mismos.

En referencia a la categoría “Practica de la mezcla” los profesionales entrevistados señalaron, la importancia de la práctica de la mezcla en el proceso, toda vez que la mezcla del coagulante con el efluente debe ser instantáneo y ello debe lograrse para permitir la efectividad de la coagulación, esto mismo también debe aplicarse al proceso de la floculación, por ello debe instalarse dosificadores que garantice la mezcla según lo indicado, existen diversos dosificadores, entre ellos la mezcla mecánica en línea (llamada la licuadora en línea), mezcla estática en línea (line helicoidal con mezcla turbulenta) entre otros, en referencia a la floculación esta deberá contar con similares dosificadores a la coagulación, asimismo debe contar con una poza que permita reducir la velocidad de gradiente a fin de permitir la sedimentación del floculo formado en las etapas anteriores.

En referencia a la categoría “Operación y mantenimiento” los profesionales entrevistados señalaron, la importancia en asegurar la dosificación necesaria y permanente a fin lo lograr la coagulación y floculación respectiva, por consiguiente se requiere implementar programas sobre mantenimiento en prevención y corrección, en relación al sistema, asimismo se debe establecer un monitoreo permanente del suministro del coagulante y floculantes, del sistema de inyección evitando las obstrucciones, entre otros de modo tal que se asegure

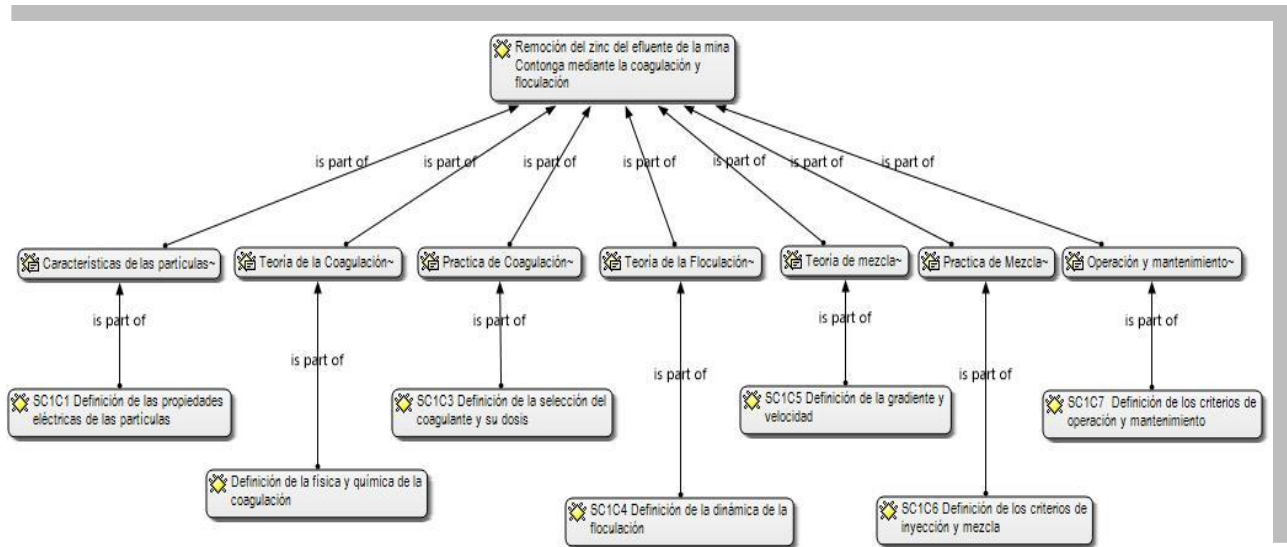
que el sistema permita la inyección constante y oportuna del coagulante y floculante al efluente a fin de lograr un tratamiento correcto y adecuado.



**Figura 10**  
**Categoría Central y sus categorías emergentes**  
**Fuente:** Coaguila, 2015.

Según la figura 10 se cuenta con siete categorías. Las categorías de carácter explicativo y se incluyen en siete categorías emergentes como consecuencia de lo manifestado por los entrevistados. Posteriormente se procedió a etapas que consistieron en transcribir, codificar y categorizar.

## Red de categorías y subcategorías – Remoción de zinc del efluente de la mina Contonga mediante la coagulación y floculación



**Figura 11**  
**Red de categorías**  
Adaptado de “autor desconocido”



## 4.2 Análisis de resultados o discusión

Una adecuada gestión sobre el manejo de los efluentes provenientes de actividades mineras en Perú cada vez toma una mayor importancia porque afectaría el recurso hídrico, por ello la mencionada actividad tiene desarrollo en zonas de cabecera de cuencas por lo general, considerados como ecosistemas frágiles, la disponibilidad del recurso hídrico que ha posterior es utilizado en áreas o zonas medias y de cuenca baja, se podría ver afectado por un mal manejo o tratamiento de efluentes, el cual va incidir directamente sobre la calidad del recurso hídrico y por lo tanto en su disponibilidad poniendo en riesgo a los usuarios y componentes ambientales que entren en contacto con ella, según Oyarzun J. & Oyarzun R. (2011), señalan "que minería sostenible implica también el respeto y cuidado por el medio ambiente, y de modo particular por sus recursos hídricos, tanto durante la explotación como después del cierre de esta", en esa línea de preocupación la investigación presente propone una alternativa de control a la presencia del zinc en el efluente de la mina Contonga, sobrepasando el límite máximo permitido determinado en el "Decreto Supremo N° 010-2010 MINAM", que señala "una concentración de 1.5 mg/l para la descarga de efluentes líquidos de la actividad minero metalúrgica (MINAM-2010)", entonces es válido plantear la remoción del zinc del efluente de la mina Contonga mediante la coagulación y floculación.

Categorías:

### 4.2.1 Categoría N° 1: Características de las partículas - C1

En referencia a la categoría "Características de las partículas" es importante tener en cuenta en el tratamiento del efluente mediante la técnica de coagulación y floculación, toda vez que la carga eléctrica superficial de las partículas coloidales, la doble capa eléctrica de las partículas y su potencial z (poder suficiente para penetrar la capa iónica que rodea la partícula), son aspectos esenciales para la remoción del zinc, esto permitirá la desestabilización del mismo para luego ser removido por los procesos posteriores.

#### 4.2.2 Categoría N° 2: Teoría de la coagulación – C2

Con respecto a la categoría “Teoría de la coagulación”, en el logro de desestabilizar las partículas en suspensión se deberá adicionar electrolitos o coagulantes, cuyos efectos se evidenciara sobre la compresión de la doble capa eléctrica (incremento de iones de carga opuesta) y la neutralización de la carga iónica (atracción de partículas y neutralización de cargas) y permitir la adsorción (aglomeración de partículas desestabilizadas) e inmersión en un precipitado (floculo), bajo las condiciones suficientes para un desempeño del coagulante dentro de un rango de pH.

#### 4.2.3 Categoría N° 3: Practica de coagulación – C3

Sobre la categoría “Practica de coagulación” se debe indicar que los profesionales señalan que las más utilizadas son las sales de aluminio y hierro, por su disponibilidad, rango o espectro de actuación y costo accesible en el mercado, siendo fundamental la dosis del coagulante, el cual se debe manejar en una cantidad optima, a fin de lograr el resultado esperado, caso contrario un exceso genera una inversión de la carga y no neutralizara las cargas de las partículas causando la escasa formación de microfoculos, y un defecto no permitirá la formación de los flóculos.

#### 4.2.4 Categoría N° 4: Teoría de la floculación – C4

Con respecto a la categoría “Teoría de la floculación” la importancia de la floculación en la remoción del zinc, radica en la dinámica que implica esta etapa, en un inicio está relacionado con el movimiento natural de las moléculas del efluente y en la segunda etapa refiere un movimiento del efluente, cuyo origen debe ser mecánico o hidráulico, de modo tal se condicione a fin de garantizar la aglomeración de las partículas, para así finalmente sedimentar.

#### 4.2.5 Categoría N° 5: Teoría de mezcla – C5

En referencia a la categoría “Teoría de la mezcla”, la importancia radica en que debe garantizarse la inyección y difusión del coagulante y floculante respectivamente en el efluente, de modo tal que permita el contacto de las partículas con estas y lograr la desestabilización y formación de flóculos de las partículas, permitiendo su sedimentación posterior.

#### 4.2.6 Categoría N° 6: Practica de mezcla – C6

En referencia a la categoría “Practica de la mezcla” radica en la importancia que debe garantizarse la mezcla del coagulante con el efluente de manera instantánea, permitiendo la efectividad de la coagulación, esto mismo debe darse en la floculación, para asegurar esto se debe instalarse dosificadores que garanticen dicha mezcla, pudiendo ser estos la mezcla mecánica en línea (llamada la licuadora en línea) o mezcla estática en línea (línea helicoidal con mezcla turbulenta), adicionalmente debe considerarse una poza que permita reducir la velocidad de gradiente a fin de permitir la sedimentación del floculo formado en las etapas anteriores.

#### 4.2.7 Categoría N° 7: Operación y mantenimiento – C7

En referencia a la categoría “Operación y mantenimiento” es necesario asegurar el funcionamiento óptimo y continuo del sistema de tratamiento, para ello se debe instaurar un programa de mantenimiento preventivo y correctivo del sistema, que permita el correcto funcionamiento y asegure que el sistema permita un funcionamiento adecuado y oportuno a fin de lograr un tratamiento correcto y adecuado, permitiendo asegurar la remoción del zinc presente en el efluente de la mina Contonga.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y  
RECOMENDACIONES

## 5.1 Conclusiones

### 5.1.1 Conclusión a nivel de las preguntas de investigación

La *investigación cualitativa* se entiende como la recolección de información sustentada y fundamentada por medio de la observación y del comportamiento natural, y una respuesta abierta a la interpretación de significados. Asimismo, la investigación de carácter cualitativo relaciona a los sujetos que intervienen y su significado.

El *rigor científico* se enfoca en evaluar estudios vinculados a la línea de rigurosidad y del proceso científico desde el enfoque cualitativo, en cierta parte es complejo el tema porque se debe tener conocimiento desde la visión ontológica, epistemológica y metodológica de argumentos que sustenten las variables planteadas. Para el logro de una investigación de rigor científico se requiere que el investigador ponga en práctica los procesos epistemológicos, desde el inicio hasta las recomendaciones del estudio. Finalmente, en una investigación cualitativa es fundamental la construcción del conocimiento y la vinculación con el fenómeno de estudio, por medio de la interpretación, y comprensión del objeto de la investigación.

Se puede concluir que *las preguntas* de la presente investigación cumplen los parámetros de la investigación cualitativa y cumple las exigencias del rigor científico exigido, asimismo las categorías seleccionadas están mencionadas en el libro base “Water and Wastewater Engineering Design Principles and Practice” cuyo autor Mackenzie L. Davis (2010), y detalla los factores que corresponden a las subcategorías mencionadas, lo cual ha permitido el análisis, inducción y la herméctica exigida en la presente investigación.

#### Categoría N° 1: "Características de las partículas" - C1

Se puede describir e interpretar que los profesionales entrevistados señalaron que es importante tener en cuenta las características sobre la partícula coloidal hacia el tratamiento del efluente por medio de técnicas de coagulación y floculación, porque las cargas eléctricas superficiales de la partícula coloidal, además la doble capa eléctrica de la partícula y su potencial z (poder suficiente para penetrar la capa iónica que rodea la partícula), son aspectos esenciales a ser considerados en desestabilizar la partícula por medio de la adición de un

coagulante (coagulación) y continuar en proceso de la remoción de las partículas coloidales del efluente.

#### Categoría N° 2: "Teoría de la coagulación " - C2

Se puede describir e interpretar que los profesionales entrevistados indicaron, sobre la desestabilización de la partícula en suspensión se deberá adicionar electrolitos o coagulantes, esto comprende la parte física, cuyos mecanismos de actuación son: comprender la doble capa eléctrica, neutralización de carga iónica (atracción de partículas y neutralización de cargas), además la adsorción y puente e inmersión en un precipitado y con referencia a la parte química en relación a la importancia del pH en la secuencia de la coagulación, se debe actuar en un rango óptimo, ella se da según los iones y su naturaleza y la parte de la alcalinidad del efluente que permita una coagulación adecuada y oportuna y respecto a la dosis optima (cantidad de coagulante a aplicar), indican que esta debe ser determinado por medio de pruebas en laboratorio (prueba de jarras).

#### Categoría N° 3: "Practica de coagulación" - C3

Se puede describir e interpretar que los profesionales entrevistados señalaron, es de suma importancia la selección del coagulante, toda vez que existe un amplio espectro de actuación de estas según el objetivo, sin embargo, señalan que las más utilizadas como la sal de aluminio y de hierro, las cuales producen hidróxido de aluminio y hierro a consecuencia de la reacción con la alcalinidad del efluente, asimismo indican que la dosis del coagulante se debe manejar una cantidad optima, dado que un exceso genera una inversión de la carga y un defecto no neutralizara la carga de la partícula ocasionando una falta de formación de microfoculos, que seleccionar el coagulante y establecer la dosis adecuada establecida por medio de pruebas en laboratorio (prueba de jarras) cuyos resultados se verán en una buena o mala calidad del efluente tratado.

#### Categoría N° 4: "Teoría de la floculación" - C4

Se puede describir e interpretar que los profesionales entrevistados señalaron, que la importancia de la floculación en la remoción del zinc, comprende dos etapas, siendo la primera la floculación pericinetica y la floculación ortocinetica, estos procesos permitirán la aglomeración de la partícula desestabilizada y la

formación posterior de un aglomerado de mayor volumen denominado floculo, para así finalmente sedimentar.

#### Categoría N° 5: "Teoría de mezcla" - C5

Se puede describir e interpretar que los profesionales entrevistados señalaron, este proceso es importante porque la mezcla en la coagulación y floculación permite lograr la desestabilización y formación de flóculos de las partículas, por ello se debe considerarse la difusión rápida del coagulante en el efluente, asimismo debe garantizarse una floculación adecuada mediante la colisión inmediata y rápida de las partículas, por lo tanto es importante determinar gradientes hidráulicos mediante las mezclas y agitaciones, y así asegurar que la velocidad asegure la aglomeración de las partículas, sin que llegue a un máximo gradiente de velocidad donde actúan las fuerzas de cizallamiento, los cuales incidirán en la ruptura de los flóculos formados en tamaños menores y no permitirán la sedimentación de los mismos.

#### Categoría N° 6: "Practica de mezcla" - C6

Se puede describir e interpretar que los profesionales entrevistados señalaron, la importancia de la práctica de la mezcla en el proceso, toda vez que la mezcla del coagulante con el efluente debe ser instantáneo y ello debe lograrse para permitir la efectividad de la coagulación, esto mismo también debe aplicarse al proceso de la floculación, por ello debe instalarse dosificadores que garantice la mezcla según lo indicado, existen diversos dosificadores, entre ellos la mezcla mecánica en línea (llamada la licuadora en línea), mezcla estática en línea (line helicoidal con mezcla turbulenta) entre otros, en referencia a la floculación esta deberá contar con similares dosificadores a la coagulación, asimismo debe contar con una poza que permita reducir la velocidad de gradiente a fin de permitir la sedimentación del floculo formado en las etapas anteriores.

#### Categoría N° 7: "Operación y mantenimiento" - C7

Se puede describir e interpretar que los profesionales entrevistados señalaron, la importancia en asegurar la dosificación necesaria y permanente a fin lo lograr la coagulación y floculación respectiva, por consiguiente se debe implementar y ejecutar programas de corte de mantenimiento preventivos y correctivos del sistema, asimismo se debe establecer un monitoreo permanente del suministro

del coagulante y floculantes, del sistema de inyección evitando las obstrucciones, entre otros de modo tal que se asegure que el sistema permita la inyección constante y oportuna del coagulante y floculante al efluente a fin de lograr un tratamiento correcto y adecuado.

Según las consideraciones señaladas por parte de los ingenieros especialistas en el manejo y control de efluentes industriales en referencia a cada una de las categorías descritas e interpretadas, estas se deben tener en consideración en el tratamiento del efluente de la mina Contonga a fin de remover el zinc presente en dicho efluente, así evitar de esta manera la afectación negativa al medio ambiente y las personas que entren en contacto con ella.

#### 5.1.2 Conclusión a nivel de marco teórico

**Remoción del Zinc;** (Albis Arrieta, Martínez, & Santiago, 2017) manifiesta El zinc es un elemento que encontramos de forma natural en el aire, agua y suelo, sin embargo, en los últimos años, las concentraciones de este elemento han estado aumentando por actividades antropogénicas. (...) Sin duda alguna, el control de la contaminación con metales pesados en los cuerpos de agua ha tenido gran importancia en los últimos años debido al inmenso impacto ambiental que se ha generado, además de los efectos dañinos sobre la salud de los seres vivos. Un proceso que ha resultado promisorio para la remoción de metales pesados como el zinc (pág. 17).

Rubio, Calderón, Gualtero, Acosta, & Sandoval, (2015) señala con respecto a la coagulación-floculación como el método mediante el cual se logra desestabilizar el coloide y aglomerar posteriormente. En la primera etapa la coagulación elimina la doble capa eléctrica que caracteriza a los coloides y con la floculación se aglomeran los coloides mediante la atracción de partículas con el aglutinamiento de los floculantes. Los factores más importantes que se deben tener en cuenta para esta técnica son la dosis química apropiada, el efecto energético de la mezcla y el tiempo de la mezcla, (...) (pág. 81).

Aguilar, (2002) sostiene que los términos coagulación y floculación han tenido diversas interpretaciones dependiendo del autor que los utilice. En los últimos años se ha hecho un esfuerzo por estandarizar ambos conceptos y se ha llegado a la aceptación general de la siguiente diferenciación (Hutchison y Healy, 1990):



Coagulación: es el proceso por el cual los componentes de una suspensión o disolución estables son desestabilizados por superación de fuerzas que mantiene su estabilidad.

Floculación: es el proceso por el cual las partículas desestabilizadas se unen para formar grandes partículas estables o aglomeradas.

Podemos concluir que a nivel marco teórico la presente investigación cumple los parámetros de la investigación cualitativa y cumple con el rigor científico exigido, asimismo las categorías seleccionadas están mencionadas en el libro base “Water and Wastewater Engineering Design Principles and Practice” cuyo autor Mackenzie L. Davis (2010)”, detalla los factores que corresponden a las subcategorías mencionadas, lo cual ha permitido el análisis, inducción y la herméutica exigida en la presente investigación.

### 5.1.3 Conclusión del caso de estudio

**Tipo de estudio**, “La investigación se desarrolla bajo el enfoque cualitativo”, acorde con Vargas (2011, pág. 15) “al referirse a este tipo de investigación, se hace uso de la metodología cualitativa, la cual asume una postura epistemológica hermenéutica llamada también interpretativa”. Teniendo en cuenta que la investigación científica cuenta con un paradigma y un enfoque, para la determinación de su tipo de estudio es que se presenta su uso respectivo en la presente investigación. Según Oseda, Hurtado, Zevallos, Santacruz, Quintana y Zacarías (2018) manifiestan que los paradigmas se refieren a “un esquema teórico, o una vía de percepción y comprensión del mundo, que un grupo de científicos ha adoptado” (pág. 21) El paradigma relacionado al estudio es interpretativo, o también llamado paradigma cualitativo. Según Oseda (2018) este “paradigma se centra en el estudio de los significados de las acciones humanas y de la vida social” (pág. 24) ; Así pues, de acuerdo a Guardián-Fernández (2007, pp. 58-59) la investigación cualitativa posee las siguientes características del paradigma interpretativo de sus dimensiones: Según (Strauss y Corbin, 1990, pág. 17) señalan “*por investigación cualitativa entendemos cualquier tipo de investigación que produce resultados a los que no ha llegado por procedimientos estadísticos u otro tipo de cuantificación*”. Puede referirse a investigaciones “acerca de la vida de las personas, historias, comportamientos,

y también funcionamiento organizativo, movimientos sociales o relaciones e interacciones. Algunos de los datos pueden ser cuantificados pero el análisis en sí mismo es cualitativo” (Sandin, 2003, pág. 121).

El *Diseño - Estudio de Caso*; Según lo manifestado por (Monje, 2011, pág. 117) se vincula con exámenes intensivos y profundos de varios temas acerca de un fenómeno o un espacio social. Se selecciona un caso para ser profundizado y comprendido al máximo. El estudio de caso se vincula a la ruta cualitativa y de paradigma naturalista. “La investigación cualitativa se esfuerza por, comprender cómo funcionan todas las partes juntas para formar un todo” (Pérez, 1994). Por su parte (Merriam, 1988) señala que el estudio de caso es de utilidad en la investigación para conocer un problema práctico en una determinada situación. Para (Yin, 1993) el estudio de caso se debe justificar la motivación y objeto del caso, haciendo que la investigación no sea repetida y sea original ante la sociedad científica y en general.

*Estudio de casos descriptivo*: su aporte fundamental es en base a un programa o práctica innovadora, detallando de manera descriptiva el caso que será sujeto a estudio y análisis. Finalmente se aportará una descripción densa y enriquecedora con la finalidad de tener una mejor interpretación y discutir teorías del caso de análisis.

*Mapeo*: el acercarse con la realidad es un paso inicial e importante en la ruta cualitativa, para su posterior análisis, como la revisión de documentación y la observación inicial del estudio. Según (Oseda Gago, Duilio et al., 2018) sobre el mapeo en la investigación cualitativa “tiene que ver con el problema de situarse mentalmente en el terreno o escenario en el cual va a desarrollarse la investigación. Para lograr este propósito, uno de los procesos de partida es lo que la literatura anglosajona denomina mapping (pág. 71). También Oseda Gago, Duilio et al., (2018) a través de este mapeo, se establece “quiénes son los líderes, cuáles son los grupos que existen en la comunidad, cuáles son los eventos y situaciones en los que la comunidad se reúne (...), cuáles son los temas y problemas que en la actualidad preocupan a la comunidad, entre otros muchos” (pág.71).

**Escenario de estudio;** El lugar de estudio fue la zona de nivel cero de la mina Contonga – laguna Pajuscocha, la cual está caracteriza por la presencia de un efluente proveniente de la mina Contonga, la misma que proviene por la bocamina llamada nivel cero y la cual discurre por siete pozas para luego ser descargada hacia la laguna Pajuscocha.

**Localización;** El área de estudio se encuentra ubicado en el paraje de la quebrada Tucush y Contonga, Distrito de San Marcos, Provincia de Huari, Departamento de Ancash, en las coordenadas (UTM WGS 84) 273200 Este, 8 948750 Norte, adyacente a la laguna Pajuscocha.

**Caracterización de los sujetos:** Son los profesionales y especialistas que tienen conocimiento de gestionar y tratar el agua residual en la industria.

**Trayectoria metodológica:** La trayectoria metodológica tiene cuatro etapas marcadas: la primera etapa se relaciona con planificar el trabajo en el escenario del problema, acompañado del diseño y elaboración del instrumento de medición, la segunda etapa consiste en ejecutar el trabajo de campo (trabajo de campo se llevó a cabo entre el 29 de abril al 02 de mayo de 2019), la tercera etapa es la acción de transcribir los datos, codificarlos y categorizarlos, y la cuarta etapa se analiza la información mediante la triangulación. De acuerdo con Katayama Omura, (2014, pp. 97-98) en el libro “Introducción a la investigación cualitativa: Fundamentos, métodos, estrategias y técnicas”, señala que la transcripción se vincula a materiales que fueron recolectados como una entrevista o grabación, a su vez, se clasifica en dos partes, como la edición que viene a ser la filtración total de lo recolectado y la categorización y codificación que viene a ser la aplicación de lecturas de corte integral y sistemática hacia el descubrimiento de unidades de análisis, el cual se agrupan y asignan a categorías llamada código. c) en el registro de dato cualitativo se transfiere los datos de la ruta cualitativa al esquema de codificación según la categoría asignada, d) Tabular datos, es la forma de presentar datos cualitativos de manera organizada mediante la categoría, representado por medio de un diagrama o cuadro, d) la triangulación, según (Izcara, 2009, pág. 130) en el libro “La praxis de la investigación cualitativa: Guía para elaborar la tesis”, señala que la triangulación, es la manera de comprobar la inferencia extraída de fuentes de

información por medio del recurso a otra, contribuyendo a la consolidación, del rigor relacionado a la ruta cualitativa. Los autores Stott & Ramil (2014, pág. 22) en el libro “Metodología para el desarrollo de estudios de caso” señalaron que el proceso de triangular se pretende la comprobación de la validación de la información obtenida por el investigador, en el estudio de caso se contrastara los datos obtenidos en el estudio. Acorde con Cisterna Cabrera (2005, pág. 68) en el artículo “Categorización y triangulación como procesos de validación del conocimiento en investigación cualitativa”, el procedimiento de la triangulación desde el punto de vista hermenéutico contiene las acciones de reuniones y cruces dialecticos de todas las informaciones fehacientes hacia el objetivo del estudio, que surge en un estudio mediante el instrumento correspondiente, constituyendo el cuerpo de resultado del estudio.

**Instrumento:** Se utilizó una encuesta estructurada, aplicado en función del objeto de la investigación y las categorías del libro base “Water and Wastewater Engineering Design Principles and Practice” cuyo autor es Mackenzie L. Davis (2010); su uso nos ha permitido obtener la información directa, que ha sido procesada para obtener los resultados buscados.

Podemos concluir que a nivel caso de estudio la presente investigación cumple los parámetros de la investigación cualitativa y cumple con el rigor científico exigido, lo cual ha permitido el análisis, inducción y la hermética exigida en la presente investigación.

#### 5.1.4 Conclusión a nivel metodológico

La investigación se desarrolla bajo el enfoque cualitativo, **Según su carácter:** es de tipo descriptivo porque busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de situaciones, perfiles de personas, grupos, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis, de acuerdo con (Hernández Sampieri et al. (2010, pág. 102). Además, según lo señalado por Deslauriers (2004, pág. 6) este tipo de investigación produce y analiza datos descriptivos difícilmente cuantificables como entrevistas, observaciones, fotografías, etc. En la investigación está relacionado a describir e interpretar sobre la remoción del zinc en el efluente de la mina Contonga mediante la coagulación y floculación. **Según su finalidad:** es de tipo básica porque se

fundamenta en un argumento teórico para ir construyendo una base de conocimiento que se va agregando a la información previa existente, por lo que refiere Ñaupas, Mejía, Novoa, & Villagómez, (2014, pág. 90) la investigación es básica porque sirve de raíz a la investigación aplicada o tecnológica; recibe el nombre de pura, porque está dado por la curiosidad y el gusto de descubrir nuevos conocimientos y es fundamental porque es necesario para el desarrollo de la ciencia, además que sirve de crecimiento para la investigación aplicada o tecnológica. **Según la intervención del investigador:** es de tipo observacional ya que se fundamenta en el análisis de hechos reales mediante el trabajo de campo (Izcara (2009, pp. 68-69) la investigación cualitativa se basa de la observación de la realidad empírica para inferir ideas y generar teorías dentro de una lógica inductiva. Para por Yin (1994), *“el estudio de caso es una estrategia de la investigación separada que tiene sus propios diseños de investigación”* (pág. 13). *“No importa si el estudio es explicativo, descriptivo, o exploratorio, el uso de la teoría, en la realización de los estudios de caso, no sólo es de una inmensa ayuda definiendo el diseño apropiado de la investigación y de la colección de los datos, también se vuelve el vehículo principal para generalizar los resultados del estudio de caso”* (pág. 21); acorde con Strauss & Corbin (1990) la investigación cualitativa *“produce hallazgos a los que no se llega por medio de procedimientos estadísticos, el grueso del análisis es interpretativo, realizado con el propósito de descubrir conceptos y relaciones, y luego organizarlos en un esquema explicativo teórico”* (pp. 26-27). Por su parte (Ñaupas et al., 2014), la investigación cualitativa; permite un mejor análisis y interpretación de la realidad problemática observada, según Yin (1994), *“el estudio de caso es una estrategia de la investigación separada que tiene sus propios diseños de investigación”* (pág. 13). *“No importa si el estudio es explicativo, descriptivo, o exploratorio, el uso de la teoría, en la realización de los estudios de caso, no sólo es de una inmensa ayuda definiendo el diseño apropiado de la investigación y de la colección de los datos, también se vuelve el vehículo principal para generalizar los resultados del estudio de caso”* (pág. 21).

**Escenario de estudio;** El lugar corresponde al nivel denominado cero de la mina Contonga, por la cual discurre el efluente que proveniente de la mina Contonga, la cual discurre hacia las siete pozas de sedimentación para luego ser descargada

hacia la laguna Pajuscocha. **Localización;** El área de investigación se ubica en el paraje de la quebrada Tucush y Contonga, Distrito de San Marcos, Provincia de Huari, Departamento de Ancash, a una altura media de 4200 m.s.n.m, en las coordenadas (UTM WGS 84) 273200 Este, 8 948750 Norte, adyacente a la laguna Pajuscocha. **Ubicación;** Distrito de San Marcos, Provincia de Huari, Departamento de Ancash. **Caracterización de los sujetos;** Los sujetos de estudio son profesionales y especialistas en materia de tratamiento del agua residual. **Trayectoria metodológica;** La trayectoria metodológica se llevó a cabo en cuatro etapas: planificar y ejecutar el trabajo de campo, transcribir los datos y analizar la información obtenida mediante la triangulación. **Triangulación:** Según Izcara (2009, pág. 130) en el libro “La praxis de la investigación cualitativa: Guía para elaborar la tesis”, señala que la triangulación es comprobar la inferencia extraída de fuentes de información por medio del recurso, contribuyendo a la solidificación de la ruta cualitativa. Así mismo, según Stott & Ramil (2014, pág. 22) en el libro “Metodología para el desarrollo de estudios de caso” señala que mediante la triangulación se pretende la comprobación de la validación de información obtenida por el investigador. Acorde con Cisterna Cabrera (2005, pág. 68) en el artículo “Categorización y triangulación como procesos de validación del conocimiento en investigación cualitativa”, la triangulación tiene un proceso de corte hermenéutico vinculado con acciones de reunión y cruces de dialectos pertinentes al objetivo de la investigación mediante un instrumento afín.

**Técnicas;** son secuencias de pasos de orden sistemático y operativo que son útiles para solucionar un problema práctico. Según Vargas (2011, pág. 45) sugiere la elección de mínimo dos técnicas con la finalidad de realizar la triangulación de la información obtenida. El presente estudio tiene *rigor científico* ya que se basa en la validez interpretativa, según Vargas (2011, pp. 15-16) el aspecto hermenéutico es cuando el conocimiento se construye de manera subjetiva y constante por aquello que brinda sentido a escenario de estudio como un conjunto de todo donde cada parte se entrelazan entre sí y relacionado a todo. Un estudio se podrá determinar si es de calidad por medio del rigor científico que lo respalda, por lo tanto, la triangulación del método será utilizado, acorde con Izcara (2009, pág. 134) consiste en “la exploración del material cualitativo a través de la utilización de diferentes métodos de análisis,

en relación con la investigación involucra el contraste de las entrevistas, las observaciones y el análisis de documentos”. La entrevista es una técnica que se requiere interactuar de frente a otra persona, por medio de ítems (Balcázar, P. et al., 2013, pág. 57). Sobre el análisis de datos Ñaupas et al., (2014), manifiesta que *“se aconseja utilizar tres estrategias analíticas: a) elaborar parámetros de comparación; b) elaborar una primea explicación sobre las causas del fenómeno de estudio; c) análisis de series de tiempo, que consiste en compararla reciente información registrada anteriormente”* (pág. 367). El software **Atlas Ti 7.0**, “es un fuerte grupo de utilidades para el análisis cualitativo de enormes cuerpos de datos textuales, gráficos y de vídeo”. Según Oseda, et al. (2018) *“es un programa de análisis cualitativo asistido por computadora (QDA) que permite al investigador asociar códigos, o etiquetas con fragmentos de texto, sonidos, imágenes, dibujos y videos (...) que no pueden ser analizados significativamente con enfoques formales”* (pág. 97). La sofisticación de las utilidades le contribuye a ordenar, reagrupar y administrar su material de forma creativa y, simultáneamente, sistemática. El análisis temático da un desarrollo completo para la detección de referencias cruzadas variadas con los temas que aparecen y la información correspondiente, permitiendo la vinculación de varios conceptos y opiniones, posteriormente se compara con los datos que fueron guardados en distintas ocasiones, en el camino del proceso exploratorio. Existe similitud del análisis del contenido y el tema porque ambos son analizados de forma transversal y logran identificar temáticas. Es muy útil porque favorece la obtención y síntesis de cantidades considerables de datos, por medio que es un proceso simple en su codificación y la investigación de contenidos, sea de forma escrita, video, imagen o audio, con el objeto de generar la relación de la categoría con el marco teórico de una manera adecuada y sencilla.

Podemos concluir que a nivel metodología la presente investigación cumple los parámetros de la investigación cualitativa y cumple con el rigor científico exigido, lo cual ha permitido el análisis, inducción y la hermética exigida en la presente investigación.

## 5.2 Recomendaciones

Se recomienda que la gerencia de operaciones coordine con el área de asuntos ambientales a fin de establecer los mecanismos a fin de implementar un sistema de tratamiento enfocado a la remoción del zinc presente en el efluente de mina mediante la coagulación y floculación, considerando cada uno de las consideraciones y aspectos resaltados por los especialistas para cada categoría, esto a fin de lograr la remoción del zinc presente en el efluente de la mina Contonga y evitar cualquier menoscabo sobre el ambiente y los usuarios de los recursos hídricos en la zonas bajas a la laguna Pajuscocha, asimismo el cumplimiento del “Decreto Supremo N° 010-2010 MINAM”, el cual señala que los efluentes minero metalúrgicos presentan una concentración de zinc de 1,5 miligramos por litro (Limite en cualquier momento) y 1,2 miligramos por litro (Limite para el promedio anual).

La gerencia de asuntos ambientales en coordinación con el área de asuntos ambientales de la mina Contonga deben establecer criterios y estrategias a fin de implementar cada una de las acciones a fin de establecer un sistema de tratamiento de remoción del zinc presente en el efluente de la mina Contonga mediante la coagulación y floculación, considerando los criterios mencionados por los especialistas para cada categoría, considerados como aportes a fin de lograr una remoción efectiva del zinc presente en el efluente de la mina Contonga.

El superintendente de asuntos ambientales de la mina Contonga debe elaborar un perfil de proyecto relacionado a la implementación de un sistema de tratamiento a fin de reducir el zinc presente en el efluente de mina mediante la coagulación y floculación, considerando los aspectos de cada categoría señalados en la investigación, parámetros y dimensionamiento de la estructura que permitirá la implementación del sistema de tratamiento y estimación de costos y presupuesto a fin de implementar en un plazo inmediato.

Se recomienda que el área de asuntos ambientales de la mina Contonga elabore y presente un programa de operación y mantenimiento del sistema de tratamiento a implementar, debe modo tal que dicho programa incluya un mantenimiento preventivo y correctivo del sistema, que asegure el suministro y dosificación



continua y permanente del coagulante y floculante al efluente, que asegure un funcionamiento óptimo y por ende permita la remoción del zinc presente en el efluente de la mina Contonga.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiar, A., Andrade, L., Grossi, L., Pires, W., & Amaral, M. (2017). Acid mine drainage treatment by nanofiltration: A study of membrane fouling, chemical cleaning, and membrane ageing. *Separation and Purification Technology*, 185-195.
- Albis Arrieta, A. R., Martínez, J., & Santiago, P. (2017). Remoción de Zinc (II) de soluciones acuosas usando cáscara de yuca (Manihot esculenta): Experimentos en columna/Removal of zinc (II) from aqueous solutions using cassava peel (Manihot esculenta): column experiments. *Prospectiva*, 15(1), 16-28. <https://doi.org/10.15665/rp.v15i1.773>
- Alves Baptista, A., Ferri Coldebella, P., Freitas Cardines, P., Guttierrez Gomes, R., Fernandes Vieira, M., Bergamasco, R., y otros. (2015). Coagulation-Flocculation Process with Ultrafiltered Saline Extract of Moringa oleifera for the Treatment of Surface Water. *Chemical Engineering Journal*, 276, 166-173.
- Cárdenas, I. Y. A. (s. f.). Documento preparado por: Ing. Yolanda Andía Cárdenas., 44.
- Carranza, F., Romero, R., & Mazuelos, A. (2016). Recovery of Zn from acid mine water and electric arc furnace dust in an integrated process. *Journal of Environmental Management*, 165, 175-183.
- Ceras Cuadros, C., & Ochoa León, H. G. (2013). Remoción de zinc de las aguas de mina en el nivel 3900 de la Compañía Minera Los Quenuales - unidad de producción Yauliyacu a nivel de laboratorio. *Universidad Nacional del Centro del Perú*. Recuperado de <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/3712>
- Costa, J. M., Rodriguez, R. P., & Sancinetti, G. P. (2017). Removal sulfate and metals Fe<sup>+2</sup>, Cu<sup>+2</sup>, and Zn<sup>+2</sup> from acid mine drainage in an anaerobic sequential batch reactor. *Journal of Environmental Chemical Engineering*.
- Estudio de Impacto Ambiental del Reinicio de las Operaciones Minero – Metalúrgicas UEA Contonga, aprobado mediante Resolucion Directoral N° 293-2005-MEM/DGAAM de fecha 8 de julio de 2005.  
fecha de consulta 10 de abril de 2019.
- Huallpa, J., & Candy, C. (2017). Eficiencia en la remoción del tratamiento de aguas ácidas de mina, mediante neutralización activo con lechada de cal de la Unidad Minera Arasi – Puno. *Universidad Peruana Unión*. Recuperado de <http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/UPEU/856>

- Jak'obik-Kolon, A., Bok-Badura, J., Karo'n, K., Mitko, K., & Milewski, A. (2017). Hybrid pectin-based biosorbents for zinc ions removal. *Carbohydrate Polymers*, *169*, 213-219.
- Jak'obik-Kolon, A., Bok-Badura, J., Karo'n, K., Mitko, K., & Milewski, A. (2017). Hybrid pectin-based biosorbents for zinc ions removal. *Carbohydrate Polymers*, *169*, 213-219.
- Le Pape, P., Battaglia-Brunet, F., Parmentier, M., Joulian, C., Gassaud, C., Fernandez-Rojo, L., et al. (2017). Complete removal of arsenic and zinc from a heavily contaminated acid mine drainage via an indigenous SRB consortium. *Journal of Hazardous Materials*, *321*, 764-772.
- Lu, J., Wang, Z., Ma, X., Tang, Q., & Li, Y. (2017). Modeling of the electrocoagulation process: A study on the mass transfer of electrolysis and hydrolysis products. *Chemical Engineering Science*, *165*, 165-176.
- Mackenzie L. Davis (2010) "Aguas y aguas residuales ingeniería principios de diseño y practica". Copyright © 2010 by The McGraw-Hill Companies ISBN: 978-0-07-171385-6.
- Manda, I., Chidya, R., Saka, J., & Biswickc, T. (2016). Comparative assessment of water treatment using polymeric and inorganic coagulants. *Physics and Chemistry of the Earth*, *93*, 119-129.
- Martel, Q. A. B. (s. f.). CAPÍTULO 4 COAGULACIÓN, 73
- Medaglia, J. A. C. (2003). El impacto de las declaraciones de Río y Estocolmo sobre la legislación y las políticas ambientales en América Latina. *Revista de Ciencias Jurídicas*, (100). Recuperado de:  
<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/juridicas/article/view/13406>
- Muñiz, M. A. Z. Y., & Peñaherrera, D. G. (2012). La dinámica de sistemas y los límites de crecimiento. *Sistémica*, (7), 45-55. Recuperado de  
<http://revistas.unife.edu.pe/index.php/sistemica/article/view/657>
- Nacke, H., Gonçalves, A., Campagnolo, M., Coelho, G., Schwantes, D., dos Santos, M., y otros. (2016). Adsorption of Cu (II) and Zn (II) from Water by *Jatropha curcas* L. as Biosorbent. *Open Chemistry*, 103-117.
- Njoku, V. (2014). Biosorption potential of cocoa pod husk for the removal of Zn(II) from aqueous phase. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, *2*, 881-887.

- Pang , F., Kumar, P., Teng, T., Omar , A., & Wasewar, K. (2011). Removal of lead, zinc and iron by coagulation–flocculation. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 42, 809-815.
- Peiravi, M., Mote, S., Mohanty , M., & Li, J. (2017). Bioelectrochemical treatment of acid mine drainage (AMD) from an abandoned coal mine under aerobic condition. *Journal of Hazardous Materials*, 333, 329-338.
- Plan Integral para la Implementación de Límites Máximos Permisibles de Descarga de Efluentes Minero Metalúrgico y Adecuación a los Estándares de Calidad de Ambiental para Agua, presentado ante la Direccion Regional de Energia y Minas de Ancash el 29 de agosto de 2012.
- Rubio, D. I. C., Calderón, R. A. M., Gualtero, A. P., Acosta, D. R., & Sandoval, J. (2015). Tratamientos para la Remoción de Metales Pesados Comúnmente Presentes en Aguas Residuales Industriales. Una Revisión. *Ingeniería y Región*, (13), 73-90. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5432290>
- Saravanan, A., Senthil Kumar, P., & Annam Renita, A. (2017). Hybrid synthesis of novel material through acid modification followed ultrasonication to improve adsorption capacity for zinc removal. *Journal of Cleaner Production*, 92-105.
- Toribio, V., & Libertad, C. (2017). “Remoción de plomo y zinc de los efluentes mineros provenientes de la Unidad Mallay aplicando micro-nanoburbujas de aire, 2017”. *Universidad César Vallejo*. Recuperado de <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/3618>
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza “Estrategia Mundial Para la Conservación”, 1980, “la conservación de los recursos vivos para un desarrollo sostenido” ítem 3
- Xu , L., Huang , Q., Xu , X., Cao , G., He , C., Wanga, Y., & Yang, M. (2017). Simultaneous removal of Zn<sup>2+</sup> and Mn<sup>2+</sup> ions from synthetic and real smelting wastewater using electrocoagulation process: Influence of pulse current parameters and anions. *Separation and Purification Technology*, 188, 316-328.
- Xu, L., Cao, G., Xu, X., Liu, S., Duan, Z., He, C., y otros. (2017). Simultaneous removal of cadmium, zinc and manganese using electrocoagulation: Influence of operating parameters and electrolyte nature. *Journal of Environmental Management*, 204, 394-403.

- Ye, M., Li, G., Yan, P., Ren, J., Zheng, L., Han, D., y otros. (2017). Removal of metals from lead-zinc mine tailings using bioleaching and. *Chemosphere*, 185, 1189-1196.
- Yu , W., Gregory , J., & Campos, L. (2015). Dependence of floc properties on coagulant type, dosing mode and nature of particles. *Water Research*, 68, 119-126.
- Zang, F., Wang , S., Nan , Z., Ma , J., Li, Y., Zhang , Q., y otros. (2017). Immobilization of Cu, Zn, Cd and Pb in mine drainage stream sediment using Chinese loess. *Chemosphere*, 181, 83-91.

## **ANEXOS**

## **ANEXO A: MATRIZ DE CONSISTENCIA**

Remoción del zinc en el efluente de la mina Contonga mediante la coagulación y floculación

Problema General	Problemas Específicos	Objetivo General	Objetivos Específicos	Categorías ( <i>Dimensiones</i> )	Sub Categorías ( <i>Indicadores</i> )	Métodos	Unidad de análisis	Técnicas	instrumento
¿De qué manera la aplicación de un coagulante y floculante en el efluente de la mina Contonga logrará la remoción del zinc?	<p>¿De qué manera la característica de las partículas influirá en la remoción del zinc del efluente de la mina Contonga?</p> <p>¿De qué manera la teoría de la coagulación influirá en la remoción del zinc del efluente de la mina Contonga?</p> <p>¿De qué manera la práctica de la coagulación influirá en la remoción del zinc del efluente de la</p>	Describir e interpretar de qué manera la aplicación de un coagulante y floculante en el efluente de la mina Contonga logrará la remoción del zinc.	<p>Describir e interpretar de qué manera la característica de las partículas influirá en la remoción del zinc del efluente de la mina Contonga.</p> <p>Describir e interpretar de qué manera la teoría de la coagulación influirá en la remoción del zinc del efluente de la mina Contonga</p> <p>Describir e interpretar de qué manera la práctica de la coagulación influirá en la remoción del</p>	<p>Características de las partículas - C1</p> <p>Teoría de la coagulación - C2</p> <p>Practica de coagulación - C3</p> <p>Teoría de la floculación - C4</p> <p>Teoría de mezcla - C5</p> <p>Practica de mezcla - C6</p>	<p>Definición de las propiedades eléctricas de las partículas SC1C1</p> <p>Definición de la física-químico de la coagulación SC1C2</p> <p>Definición de la selección del coagulante y su dosis SC1C3</p> <p>Definición de la dinámica de la floculación SC1C4</p> <p>Definición de la gradiente y velocidad SC1C5</p> <p>Definición de los criterios de</p>	<p>✓ Análisis</p> <p>✓ Inducción</p> <p>✓ Hermenéutica</p>	Equipo de expertos (ingenieros)	<p>✓ Entrevista</p> <p>✓ Observación</p> <p>✓ Análisis documental</p>	<p>✓ Guía de entrevista</p> <p>✓ Guía de observación</p> <p>✓ Ficha de análisis documentario</p>



	<p>mina Contonga?</p> <p>¿De qué manera la teoría de la floculación influirá en la remoción del zinc del efluente de la mina Contonga?</p> <p>¿De qué manera la teoría de la mezcla influirá en la remoción del zinc del efluente de la mina Contonga?</p> <p>¿De qué manera la práctica de la mezcla influirá en la remoción del zinc del efluente de la mina Contonga?</p>		<p>zinc del efluente de la mina Contonga.</p> <p>Describir e interpretar de qué manera la teoría de la floculación influirá en la remoción del zinc del efluente de la mina Contonga.</p> <p>Describir e interpretar de qué manera la teoría de la mezcla influirá en la remoción del zinc del efluente de la mina Contonga.</p> <p>Describir e interpretar de qué manera la práctica de la mezcla influirá en la remoción del zinc del efluente de la</p>	<p>Operación y mantenimiento -C7</p>	<p>inyección y mezcla SC1C6</p> <p>Definición de los criterios de operación y mantenimiento SC1C7</p>				
--	--	--	--	--------------------------------------	---	--	--	--	--

	<p>¿De qué manera la operación y el mantenimiento influirán en la remoción del zinc del efluente de la mina Contonga?</p>		<p>mina Contonga.</p> <p>Describir e interpretar de qué manera la operación y el mantenimiento influirán en la remoción del zinc del efluente de la mina Contonga.</p>						
--	---	--	--	--	--	--	--	--	--

**Libro base:**

(Mackenzie) “Aguas y aguas residuales ingeniería principios de diseño y practica”, ISBN: 978-0-07-171385-6, MHID: 0-07-171385-9, McGraw-Hill 2010.

## **ANEXO B: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN**

<b>Categorías (<i>Dimensiones</i>)</b>	<b>Sub Categorías (<i>Indicadores</i>)</b>	<b>Métodos</b>	<b>Unidad de análisis</b>	<b>Técnicas</b>	<b>instrumento</b>
Características de las partículas - C1	Definición de las propiedades eléctricas de las partículas SC1C1.	✓ Análisis ✓ Inducción ✓ Hermenéutica	Equipo de ingenieros expertos	✓ Entrevista ✓ Observación ✓ Análisis documentario	✓ Guía de entrevista ✓ Guía de observación ✓ Ficha de análisis documentario
Teoría de la Coagulación – C2	Definición de la física y química de la coagulación SC1C2				
Práctica de Coagulación – C3	Definición de la selección del coagulante y su dosis SC1C3				
Teoría de la Floculación – C4	Definición de la dinámica de la floculación SC1C4				
Teoría de mezcla – C5	Definición de la gradiente y velocidad SC1C5				
Practica de Mezcla – C6	Definición de los criterios de inyección y mezcla SC1C6				
Operación y mantenimiento –C7	Definición de los criterios de operación y mantenimiento SC1C7				

**Libro base:**

(Mackenzie) “Aguas y aguas residuales ingeniería principios de diseño y practica”, ISBN: 978-0-07-171385-6, MHID: 0-07-171385-9, McGraw-Hill 2010.

**ANEXO C: FORMATO DEL INSTRUMENTO QUE  
SE UTILIZO**

## Guía de entrevista semiestructurada a ingenieros expertos (CE)

Fecha: \_\_\_\_\_ Lugar: \_\_\_\_\_  
Hora de inicio: \_\_\_\_\_ Hora de término: \_\_\_\_\_ Entrevistador: \_\_\_\_\_  
Entrevistado: \_\_\_\_\_

### Introducción

Estimado señor (ra), se le solicita esta entrevista por la importancia que tiene su contribución para la remoción del zinc del efluente de la mina Contonga mediante la coagulación y floculación. Le realizaré algunas preguntas a los cuales les pido me respondan con confianza, y para no perder ningún detalle de sus respuestas se grabará la entrevista. Agradezco su colaboración.

### Preguntas:

#### Características de las partículas (C1)

1. ¿Por qué es importante las características de las partículas coloidales, para su tratamiento mediante la técnica de coagulación y floculación?

#### Teoría de la coagulación (C2)

2. ¿Cuáles es la importancia de los aspectos físico-químico en la coagulación?

#### Práctica de la coagulación (C3)

3. ¿Qué importante es la selección del coagulante y su dosis en el tratamiento de efluentes mediante la técnica de coagulación y floculación?

#### Teoría de la floculación (C4)

4. ¿Cuáles es la importancia de la colisión de las partículas durante el proceso de floculación?

#### Teoría de mezcla (C5)

5. ¿Cuál es la importancia de la mezcla del coagulante y floculante en el tratamiento de efluentes mediante la técnica de coagulación y floculación?

#### Practica de mezcla (C6)

6. ¿Cuáles son los criterios de inyección y mezcla durante el tratamiento de efluentes mediante la técnica de coagulación y floculación?

#### Operación y mantenimiento (C7)

7. ¿Por qué es importante la operación y mantenimiento del sistema e infraestructura en el tratamiento de efluentes mediante la técnica de coagulación y floculación?

## **ANEXO D: VALIDACION DEL INSTRUMENTO**

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO CUALITATIVO** (Pedro Costa, Cruz Sanchez Gomez, & Martin Cilleros, 2017, págs. 163-164)

Título: Estudio caso: Remoción del zinc del efluente de la mina Contonga mediante la coagulación y floculación							Criterios de evaluación					Observación y recomendaciones	
Categoría	Sub Categoría	Método	Unidad de Análisis	Técnicas	Instrumentos	Pregunta	Relevancia	Pertinencia	Susceptibilidad de cambio	Claridad en la formulación	Congruencia ítems - objetivo		
C1 Características de las partículas	SC1C1 Definición de las propiedades eléctricas de las partículas	M1 Análisis M2 Inducción M3 Hermenéutica	Ingenieros expertos	T1 Encuesta T2 Observación T3 Investigación documentada.	I1 Guía de entrevista. I2 Guía de observación de campo. I3 Ficha de análisis documental.	1. ¿Por qué es importante las características de las partículas coloidales, para su tratamiento mediante la técnica de coagulación y floculación? 2. ¿Cuáles es la importancia de los aspectos fisico-químico en la coagulación? 3. ¿Qué importante es la selección del coagulante y su dosis en el tratamiento de efluentes mediante la técnica de coagulación y floculación? 4. ¿Cuáles es la importancia de la colisión de las partículas durante el proceso de floculación? 5. ¿Cuál es la importancia de la mezcla del coagulante y floculante en el tratamiento de efluentes mediante la técnica de coagulación y floculación? 6. ¿Cuáles son los criterios de inyección y mezcla durante el tratamiento de efluentes mediante la técnica de coagulación y floculación? 7. ¿Por qué es importante la operación y mantenimiento del sistema e infraestructura en el tratamiento de efluentes mediante la técnica de coagulación y floculación?	Si	Si	Si	si	Si		
C2 Teoría de la Coagulación	SC1C2 Definición de la física-químico de la coagulación												
C3 Practica de Coagulación	SC1C3 Definición de la selección del coagulante y su dosis												
C4 Teoría de la Floculación	SC1C4 Definición de la dinámica de la floculación												
C5 Teoría de mezcla	SC1C5 Definición de la gradiente y velocidad												
C6 Practica de Mezcla	SC1C6 Definición de los criterios de inyección y mezcla												
C7 Operación y mantenimiento	SC1C7 Definición de los criterios de operación y mantenimiento												

**NOMBRE DEL INSTRUMENTO:** "Entrevista de componentes de una tesis cualitativa"

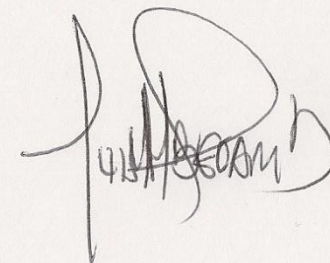
**OBJETIVO:** Describir e interpretar de qué manera la aplicación de un coagulante y floculante en el efluente de la mina Contonga logrará la reducción de la concentración del zinc.

**DIRIGIDO A:** Equipo de expertos (ingenieros)

**APELLIDOS Y NOMBRES DEL EVALUADOR:** Begazo de Bedoya, Luis

**GRADO ACADÉMICO DEL EVALUADOR:** Doctor

**VALORACIÓN:** Muy Alto Alto Medio Bajo Muy Bajo





**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO CUALITATIVO** (Pedro Costa, Cruz Sanchez Gomez, & Martin Cilleros, 2017, págs. 163-164)

Título: Estudio caso: Remoción del zinc del efluente de la mina Contonga mediante la coagulación y floculación							Criterios de evaluación					Observación y recomendaciones
Categoría	Sub Categoría	Método	Unidad de Análisis	Técnicas	Instrumentos	Pregunta	Relevancia	Pertinencia	Susceptibilidad de cambio	Claridad en la formulación	Congruencia ítems - objetivo	
C1 Características de las partículas	SC1C1 Definición de las propiedades eléctricas de las partículas	M1 Análisis M2 Inducción M3 Hermenéutica	Ingenieros expertos	T1 Encuesta T2 Observación T3 Investigación documentada.	I1 Guía de entrevista. I2 Guía de observación de campo. I3 Ficha de análisis documental.	8. ¿Por qué es importante las características de las partículas coloidales, para su tratamiento mediante la técnica de coagulación y floculación? 9. ¿Cuáles es la importancia de los aspectos fisico-químico en la coagulación? 10. ¿Qué importante es la selección del coagulante y su dosis en el tratamiento de efluentes mediante la técnica de coagulación y floculación? 11. ¿Cuáles es la importancia de la colisión de las partículas durante el proceso de floculación? 12. ¿Cuál es la importancia de la mezcla del coagulante y floculante en el tratamiento de efluentes mediante la técnica de coagulación y floculación? 13. ¿Cuáles son los criterios de inyección y mezcla durante el tratamiento de efluentes mediante la técnica de coagulación y floculación? 14. ¿Por qué es importante la operación y mantenimiento del sistema e infraestructura en el tratamiento de efluentes mediante la técnica de coagulación y floculación?	Si	Si	Si	si	Si	
C2 Teoría de la Coagulación	SC1C2 Definición de la física-químico de la coagulación											
C3 Practica de Coagulación	SC1C3 Definición de la selección del coagulante y su dosis											
C4 Teoría de la Floculación	SC1C4 Definición de la dinámica de la floculación											
C5 Teoría de mezcla	SC1C5 Definición de la gradiente y velocidad											
C6 Practica de Mezcla	SC1C6 Definición de los criterios de inyección y mezcla											
C7 Operación y mantenimiento	SC1C7 Definición de los criterios de operación y mantenimiento											

**NOMBRE DEL INSTRUMENTO:** "Entrevista de componentes de una tesis cualitativa"

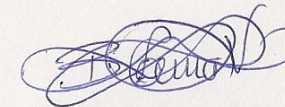
**OBJETIVO:** Describir e interpretar de qué manera la aplicación de un coagulante y floculante en el efluente de la mina Contonga logrará la reducción de la concentración del zinc.

**DIRIGIDO A:** Equipo de expertos (ingenieros)

**APELLIDOS Y NOMBRES DEL EVALUADOR:** Cerna Ventura, Blanca Flor

**GRADO ACADÉMICO DEL EVALUADOR:** Magister

**VALORACIÓN:** Muy Alto Alto Medio Bajo Muy Bajo



**CPe**  
**Lic. Blanca Flor Cerna Ventura**  
 Maestra en Problemas de Aprendizaje  
 Especialista en Investigación Científica  
**COLEGIO DE PROFESORES DEL PERU**

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO CUALITATIVO** (Pedro Costa, Cruz Sanchez Gomez, & Martin Cilleros, 2017, págs. 163-164)

Título: Estudio caso: Remoción del zinc del efluente de la mina Contonga mediante la coagulación y floculación							Criterios de evaluación					Observación y recomendaciones
Categoría	Sub Categoría	Método	Unidad de Análisis	Técnicas	Instrumentos	Pregunta	Relevancia	Pertinencia	Susceptibilidad de cambio	Claridad en la formulación	Congruencia ítems - objetivo	
C1 Características de las partículas	SC1C1 Definición de las propiedades eléctricas de las partículas	M1 Análisis M2 Inducción M3 Hermenéutica	Ingenieros expertos	T1 Encuesta T2 Observación T3 Investigación documentada.	I1 Guía de entrevista. I2 Guía de observación de campo. I3 Ficha de análisis documental.	15. ¿Por qué es importante las características de las partículas coloidales, para su tratamiento mediante la técnica de coagulación y floculación? 16. ¿Cuáles es la importancia de los aspectos fisico-químico en la coagulación? 17. ¿Qué importante es la selección del coagulante y su dosis en el tratamiento de efluentes mediante la técnica de coagulación y floculación? 18. ¿Cuáles es la importancia de la colisión de las partículas durante el proceso de floculación? 19. ¿Cuál es la importancia de la mezcla del coagulante y floculante en el tratamiento de efluentes mediante la técnica de coagulación y floculación? 20. ¿Cuáles son los criterios de inyección y mezcla durante el tratamiento de efluentes mediante la técnica de coagulación y floculación? 21. ¿Por qué es importante la operación y mantenimiento del sistema e infraestructura en el tratamiento de efluentes mediante la técnica de coagulación y floculación?	Si	Si	Si	si	Si	
C2 Teoría de la Coagulación	SC1C2 Definición de la física-químico de la coagulación											
C3 Practica de Coagulación	SC1C3 Definición de la selección del coagulante y su dosis											
C4 Teoría de la Floculación	SC1C4 Definición de la dinámica de la floculación											
C5 Teoría de mezcla	SC1C5 Definición de la gradiente y velocidad											
C6 Practica de Mezcla	SC1C6 Definición de los criterios de inyección y mezcla											
C7 Operación y mantenimiento	SC1C7 Definición de los criterios de operación y mantenimiento											

**NOMBRE DEL INSTRUMENTO:** "Entrevista de componentes de una tesis cualitativa"


**OBJETIVO:** Describir e interpretar de qué manera la aplicación de un coagulante y floculante en el efluente de la mina Contonga logrará la reducción de la concentración del zinc.

**DIRIGIDO A:** Equipo de expertos (ingenieros)

**APELLIDOS Y NOMBRES DEL EVALUADOR:** Guillen Valle, Oscar Rafael

**GRADO ACADÉMICO DEL EVALUADOR:** Doctor

**VALORACIÓN:** Muy Alto Alto Medio Bajo Muy Bajo



Ing. Oscar Rafael Guillen Valle  
 Post Doctorado en Investigación Científica  
 Cualitativa y Cuantitativa.  
 Doctor of Philosophy - PhD.  
 Ingeniero Químico  
 CIP N° 75996



**ANEXO E: ENTREVISTAS DE ACUERDO AL  
INSTRUMENTO**

*"Profesión*

Ingeniero

*Características de las partículas*

En primer lugar, las partículas coloidales, son las causantes de la turbiedad y del color, por tanto, el tratamiento del efluente está orientado a la remoción de estas partículas, por ellos es importante conocer sus características como la carga eléctrica superficial de las partículas, a fin de conocer cómo ha de neutralizarse las mismas a fin de conseguir su desestabilización y posterior remoción.

Por otro lado, las partículas coloidales presentan una doble capa eléctrica, estas partículas coloidales poseen normalmente una carga eléctrica negativa situado sobre su superficie, estas cargas llamadas cargas primarias, atraen los iones positivos del efluente, por tanto, presenta características de adherencia, los cuales se adhieren fuertemente a las partículas y atraen a su alrededor iones negativos acompañados de una débil cantidad de iones positivos.

Asimismo, debemos indicar que los iones que se adhieren fuertemente a la partícula, se desplazan con ella, forman la capa adherida o comprimida, mientras que los iones que se adhieren débilmente constituyen la capa difusa, por lo tanto, hay un gradiente o potencial electrostático entre la superficie de la partícula y el efluente, llamado Potencial Zeta, el cual es una medida utilizada frecuentemente en la química coloidal. Esta nos indica el potencial necesario para poder penetrar la capa iónica que se encuentra alrededor de una partícula, con la finalidad de desestabilizar a esta. Así podemos decir, que el potencial zeta es considerado una potencia electrostática que hay entre las capas que se encuentran situadas en torno a la partícula.

Por ultimo debemos señalar que existen factores de estabilidad e inestabilidad, a la cual están sometidas las partículas coloidales, estas son las fuerzas de atracción de Van der Waals y las fuerzas de repulsión electrostáticas.

El equilibrio de una suspensión coloidal dependerá de la fuerza resultante entre la fuerza de atracción y la fuerza de repulsión.

*Teoría de la coagulación*

Es de suma importancia porque el objetivo de la coagulación es desestabilizar las partículas coloidales que se encuentran en suspensión, para favorecer su aglomeración; en consecuencia, se eliminan las materias en suspensión estables.

En el aspecto físico debemos mencionar que existen los siguientes mecanismos para la desestabilización de las partículas coloidales, compresión de la doble capa eléctrica, al respecto debemos indicar que cuando se aproximan dos partículas semejantes, sus capas difusas interactúan y generan una fuerza de repulsión, cuyo potencial de repulsión está en función de la distancia que los separa y cae rápidamente con el incremento de iones de carga opuesta al de las partículas, esto se consigue con los iones del coagulante adicionado, en segundo lugar tenemos la adsorción y neutralización de cargas la cual está referida a la anulación del potencial existente entre las partículas, obtenido por adición de productos de coagulación que busca la desestabilizan las partículas mediante la neutralización de la carga; en tercer lugar está la adsorción y puente entre partículas, debemos indicar que consiste en el atrapamiento de las partículas desestabilizadas en un floc y por ultimo está referida al atrapamiento de partículas en un precipitado; al respecto se indica que la molécula de polímero puede absorber una partícula coloidal en una de

sus extremidades, mientras que los otros sitios son libres para absorber otras partículas. Por eso se dice que las moléculas de los polímeros forman el llamado “puente” entre las partículas coloidales.

Con respecto a la parte química está referida al pH es muy importante a tener en cuenta en la coagulación, porque cada efluente existe tiene un rango de pH óptimo para la cual la coagulación tiene lugar rápidamente, ello depende de la naturaleza de los iones y de la alcalinidad del efluente, y la dosis optima deberá ser determinado por medio de la prueba de jarras y será la cantidad de coagulante a aplicar.

#### *Practica de coagulación*

La selección del coagulante es muy importante, toda vez que algunos tienen un mayor espectro de respuesta y siendo los más utilizados las sales de Aluminio y de Hierro; cuando estas se adicionan al efluente se producen una serie de reacciones muy complejas donde los productos de hidrólisis son más eficaces que los iones mismos; estas sales reaccionan con la alcalinidad del efluente y producen los hidróxidos de aluminio o hierro que son insolubles y forman los precipitados; por otro lado es importante también considerar la dosis del coagulante a utilizar, dado que esta influye directamente en la eficiencia de la coagulación, es decir la poca cantidad del coagulante, no neutraliza totalmente la carga de la partícula, la formación de los microfloculos es muy escaso, por lo tanto la turbiedad residual es elevada y la alta cantidad de coagulante produce la inversión de la carga de la partícula, conduce a la formación de gran cantidad de microfloculos con tamaños muy pequeños cuyas velocidades de sedimentación son muy bajas, por lo tanto la turbiedad residual es igualmente elevada.

Para la selección del coagulante y la cantidad óptima del coagulante a aplicar; se debe determinar mediante ensayos de pruebas de jarra o test de jarra en laboratorio.

#### *Teoría de la floculación*

La floculación es el proceso que sigue a la coagulación, el cual consiste en la agitación de la masa coagulada que permite el crecimiento y aglomeración de los floculos recién formados con la finalidad de incrementar el tamaño y peso necesarios para sedimentar con facilidad.

Este proceso se puede dar de dos maneras, la primera llamada también floculación pericinetica, la cual es producido por el movimiento natural de las moléculas del efluente y esta inducida por la energía térmica, este movimiento es también conocido como el movimiento browniano y en segundo lugar está la floculación ortocinetica el cual consiste en las colisiones de las partículas debido al movimiento del efluente, el que es inducido por una energía exterior a la masa de efluente y que puede ser de origen mecánico o hidráulico.

Es importante considerar que luego de la coagulación es necesario que se produzca la aglomeración de los microfloculos; para que esto suceda se produce primero la floculación pericinetica luego se produce la floculación ortocinética.

Por otro lado, debido a que las partículas de floculo son de diferente tamaño, se sedimentan a diferentes velocidades, estas diferencias hacen que las partículas colisionen y floculen.

Por otro lado, es importante señalar que para mejorar la floculación es una práctica común adicionar un floculante, el orden de esto es importante para lograr resultados óptimos a un costo mínimo, siendo el primero en adicionarse el coagulante para luego agregarse un floculante.

#### *Teoría de mezcla*

La esencia de la coagulación eficiente es la eficiencia de mezclar el coagulante con el efluente crudo y la floculación eficiente requiere mezclarse para poner las partículas en contacto unas con otras.

La floculación requiere un gradiente de alta velocidad lo suficientemente para causar partículas de contacto y para evitar que los flóculos se asienten, pero lo suficientemente bajos para evitar que los flóculos se rompan.

Según los estudios realizados se ha determinado que el rango óptimo de gradientes de velocidad para floculación varía entre 20 y 75 s<sup>-1</sup> y el de tiempos de retención entre 10 y 30 min, dependiendo de la calidad del efluente.

Cuanto mayor sea el gradiente de velocidad, más rápida será la velocidad de aglomeración de las partículas. Entretanto, a medida que los flóculos aumentan de tamaño, crecen también las fuerzas de cizallamiento hidrodinámico, inducidas por el gradiente de velocidad. Los flóculos crecerán hasta un tamaño máximo, por encima del cual las fuerzas de cizallamiento alcanzan una intensidad que los rompe en partículas menores.

#### *Practica de mezcla*

Es importante mencionar que en primer lugar se debe considerar la inyección del coagulante en el efluente y la dispersión del coagulante en el efluente llamada también mezcla instantánea o mezcla rápida, el criterio para ello debe estar basado en la efectividad, confiabilidad, requisitos de mantenimiento y costo; asegurando que la adición del coagulante al efluente sea constante y uniforme de modo tal que el coagulante sea dispersado y mezclado con el efluente; existen muchos métodos de mezcla entre ellos la mezcla mecánica en línea (conocida como la licuadora en línea), la mezcla estática en línea (consiste en un tubo con línea helicoidal donde las paletas aseguran una mayor turbulencia), este sistema no presenta partes móviles y no requiere energía, esto no necesariamente es ventajoso toda vez que en un mantenimiento no facilita el cambio de alguna pieza si no la totalidad; asimismo la mezcla mecánica en tanque agitados, este tipo de método es usado cuando el coagulante presenta baja turbiedad y la presencia de partículas es pequeña.

Con respecto a la floculación es poner a las partículas en contacto para que colisionen, permanezcan juntos y crezcan a un tamaño suficiente que lo haga fácilmente sedimentar o permitan su filtración, debe asegurarse la suficiente mezcla de tal modo que se asegure el contacto de los flóculos a fin de lograr su sedimentación, algunos autores recomiendan un tiempo mínimo de detención para la floculación de treinta (30) minutos.

La poza de floculación debe al menos contar con tres compartimientos de modo tal que la velocidad de gradiente disminuya también, según Glumrb (2003) recomienda que el flujo a través de velocidades no sea menor de 0.15 m / s ni mayor de 0.45 m / s.

La velocidad de flujo de la poza de floculación a la poza de decantación debe ser lo suficientemente baja para evitar el corte y la ruptura del floc, pero lo suficientemente alto como para mantener el floc en suspensión.

#### *Operación y mantenimiento*

Toma importancia dado que debe asegurar el ajuste de los dosificadores que debe estar en función del flujo del efluente, esta tarea debe ser permanente.

Otro aspecto importante es el monitoreo del sistema de alimentación del coagulante y floculante para detectar obstrucciones en las líneas, asimismo se debe realizar el mantenimiento de los mezcladores y las pozas de mezcla y sedimentación, estas tareas son una necesidad muy estrecha que ha de considerarse en la supervisión para asegurar la finalidad del tratamiento del efluente.

*OBSERVACION*

El especialista fue claro, preciso, conoce su tema

*ANALISIS DOCUMENTARIO*

Libro base, revistas científicas, libros, Zotero, y Turniting

*"Profesión*

Ingeniero

*Características de las partículas*

Débenos iniciar indicando que, las partículas coloides son las causantes de la turbiedad y color del agua, en este sentido, el tratamiento del efluente tendrá como objetivo la remoción de las partículas mencionadas, para tal objetivo es importante conocer sus características como la carga eléctrica superficial de la partícula, con la finalidad de neutralizar, conseguir su desestabilización y posterior remoción.

Las partículas coloides presentan una doble capa eléctrica, encontrando normalmente una carga eléctrica negativa situado sobre su superficie llamadas cargas primarias, esta carga atraen los iones positivos del efluente, este último se considera como características de Adherencia, siendo fuerte la adherencia a las partículas que atraen a su alrededor iones negativos acompañados de una débil cantidad de iones positivos. Asimismo, los iones que se adhieren fuertemente a las partículas se desplazan con ella, forman la capa adherida o comprimida, mientras que los iones que se adhieren débilmente constituyen la capa difusa, en consecuencia, existe una gradiente o potencial electrostático entre la superficie de la partícula y el efluente llamado Potencial Zeta, siendo una medida utilizada frecuentemente en la química coloidal, esta medida nos indicará el potencial necesario para poder atravesar la capa iónica que se encuentra en el contorno de una partícula, con la finalidad de desestabilizarla.

Es menester indicar que, existe factores de estabilidad e inestabilidad, a las cuales están sujetas las partículas coloidales, estas son las fuerzas de atracción de Van der Waals y las fuerzas de repulsión electrostáticas.

Finalmente, se tiene que tener presente que el equilibrio de una suspensión coloidal dependerá de la fuerza resultante entre la fuerza de atracción y repulsión.

*Teoría de la coagulación*

Debemos saber que el objetivo de la coagulación es desestabilizar las partículas coloidales que se encuentran en suspensión de manera estable, favoreciendo su aglomeración, eliminando las materias en suspensión estables.

En el aspecto físico debemos mencionar que existen los siguientes mecanismos para la desestabilización de las partículas coloidales, entre ellos tenemos: i) compresión de la doble capa eléctrica, la aproximación dos partículas semejantes, hacen que sus capas difusas interactúan y generan una fuerza de repulsión, creando un potencial de repulsión en relación a la distancia que los separa y cayendo de manera rápida con el incremento de iones de carga opuesta al de las partículas, esto se consigue con los iones del coagulante adicionado; ii) adsorción y neutralización de cargas, la cual está referida a la anulación del potencial existente entre las partículas, se obtienen adicionando cationes de mayor valencia que se adsorben sobre la superficie de las partículas y reduce el potencial del coloide en la superficie de éste; iii) adsorción y puente entre partículas, consiste en la aglomeración de partículas desestabilizadas a través de los puentes proporcionados por la floculación (moléculas de polímero), dando lugar al floc. Por eso se dice que las moléculas de los polímeros forman el llamado "puente" entre las partículas coloidales. y; iv) atrapamiento de partículas en un precipitado, las partículas desestabilizadas son atrapadas en un floc, la presencia de ciertos aniones y de las partículas coloidales aceleran la formación del precipitado.



Respecto al aspecto químico, está referida al pH el cual se considera la variable más importante a tener en cuenta al momento de la coagulación, debido a que los tipos de coagulantes son óptimos y eficiente en rangos definidos. Por lo que, si no se tiene en cuenta el rango óptimo de pH y se realice fuera de ella, lo más probable sea que se incremente la cantidad de coagulante incrementando a su vez el costo del tratamiento.

#### *Práctica de coagulación*

La selección del tipo de coagulante a dosificar en el efluente a tratar es esencial, toda vez que, esto determinará qué elementos se retirará del efluente. Los coagulantes metálicos más efectivos en intervalos de pH de un mayor rango son las sales de Aluminio y de Hierro; cuando estas se adicionan al efluente se producen una serie de reacciones muy complejas donde los productos de hidrólisis son más eficaces que los iones mismos; estas sales reaccionan con la alcalinidad del efluente y producen los hidróxidos de aluminio o hierro que son insolubles y forman los precipitados.

De otro lado, es importante también considerar la dosis óptima del coagulante a utilizar, dado que esta influye directamente en la eficiencia de la coagulación, es decir la poca cantidad del coagulante, no neutraliza totalmente la carga de la partícula, la formación de los microfloculos es muy escaso, por lo tanto la turbiedad residual es elevada, mientras que la alta cantidad de coagulante produce la inversión de la carga de la partícula, conduce a la formación de gran cantidad de microfloculos con tamaños muy pequeños cuyas velocidades de sedimentación son muy bajas, por lo tanto la turbiedad residual es igualmente elevada.

Para la selección del coagulante y la dosis óptima del coagulante a aplicar, se debe determinar mediante ensayos de pruebas de jarra o test de jarra en laboratorio.

#### *Teoría de la floculación*

La floculación es el proceso que sigue a la coagulación, el cual consiste en la agitación de la masa coagulada que permite la aglomeración de partículas llamados floculos y el crecimiento del mismo, con la finalidad de incrementar el tamaño y peso necesarios para sedimentar con facilidad.

La floculación se puede dar de dos maneras, la primera llamada también floculación pericinetica, la cual es producido por el movimiento natural de las moléculas del efluente y esta inducida por la energía térmica, este movimiento es también conocido como el movimiento browniano y en segundo lugar está la floculación ortocinetica, el cual consiste en las colisiones de las partículas debido al movimiento del efluente, el que es inducido por una energía exterior a la masa de efluente y que puede ser de origen mecánico o hidráulico.

Es importante indicar que luego de la coagulación es necesario que se produzca la aglomeración de los microfloculos, por los mecanismos antes señalados.

Las partículas de floculo son de diferente tamaño, por tal razón se sedimentan a diferentes velocidades, estas diferencias harán que las partículas colisionen y floculen.

Para mejorar la floculación, una práctica común es adicionar un floculante, el orden de esto es importante para lograr resultados óptimos a un costo mínimo, siendo el primero en adicionarse el coagulante para luego agregarse un floculante.

#### *Teoría de mezcla*

La importancia de la mezcla del coagulante con el efluente cruda es esencial, debido a que se tienen que garantizar la coagulación completa, dado que, transcurrido la etapa de mezcla rápida, inicia la aglomeración de partículas desestabilizadas llamados floculos, esto sucederá en la segunda etapa de mezcla, denominada etapa de mezcla lenta.

La floculación requiere un gradiente de alta velocidad lo suficientemente para causar partículas de contacto y para evitar que los flóculos se asienten, pero lo suficientemente bajos para evitar que los flóculos se rompan.

De acuerdo a los estudios realizados y considerando la calidad del efluente, se tiene rangos óptimos de gradientes de velocidad para floculación, que varía entre 20 y 75 s<sup>-1</sup> y el de tiempos de retención entre 10 y 30 min.

Cuanto mayor sea el gradiente de velocidad, más rápida será la velocidad de aglomeración de las partículas. Entretanto, a medida que los flóculos aumentan de tamaño, crecen también las fuerzas de cizallamiento hidrodinámico, inducidas por el gradiente de velocidad. Los flóculos crecerán hasta un tamaño máximo, por encima del cual las fuerzas de cizallamiento alcanzan una intensidad que los rompe en partículas menores.

#### *Practica de mezcla*

Se debe considerar la inyección del coagulante en el efluente y la dispersión del mismo en el efluente llamada durante transcurrido la etapa de mezcla rápida o mezcla instantánea, los criterios a considera están basados en la efectividad, confiabilidad, requisitos de mantenimiento y costo; asegurando que la adición del coagulante al efluente sea constante y uniforme de modo tal que el coagulante sea dispersado y mezclado de manera completa con el efluente.

Existen muchos métodos de mezcla, entre ellos la mezcla mecánica en línea (conocida como la licuadora en línea), la mezcla estática en línea (consiste en un tubo con línea helicoidal donde las paletas aseguran una mayor turbulencia), asimismo la mezcla mecánica en tanque agitados, este tipo de método es usado cuando el efluente presenta baja turbiedad y la presencia de partículas es pequeña.

Con respecto a la floculación es poner a las partículas en contacto para que colisionen, permanezcan juntos y crezcan a un tamaño suficiente que lo haga fácilmente sedimentar o permitan su filtración, debe asegurarse la suficiente mezcla de tal modo que se asegure el contacto de los flóculos a fin de lograr su sedimentación, algunos autores recomiendan un tiempo mínimo de detención para la floculación de treinta (30) minutos.

La poza de floculación debe al menos contar con compartimientos de modo tal que la velocidad de gradiente disminuya también, según Glumrb (2003) recomienda que el flujo a través de velocidades no sea menor de 0.15 m/s ni mayor de 0.45 m/s.

La velocidad de flujo de la poza de floculación a la poza de decantación debe ser lo suficientemente baja para evitar el corte y la ruptura del floc, pero lo suficientemente alto como para mantener el floc en suspensión.

#### *Operación y mantenimiento*

La importancia de una operación correcta es la dosificación necesaria, por ello es primordial verificar constantemente y asegurar el ajuste de los dosificadores considerando siempre el flujo del efluente. Asimismo, durante la operación debemos realizar el monitoreo del sistema de alimentación del coagulante y floculante para detectar obstrucciones en las líneas, con la finalidad de realizar el mantenimiento oportuno de los mezcladores, las pozas de mezcla y pozas de sedimentación, las acciones antes señaladas aseguran el correcto funcionamiento del sistema y asegura el tratamiento óptimo del efluente.

#### **OBSERVACION**

El especialista fue claro, preciso, conoce su tema

*ANALISIS DOCUMENTARIO*

Libro base, revistas científicas, libros, Zotero, Turniting  
*Entrevistado*

### Entrevistado 3

---

*"Profesión*

Ingeniero

#### *Características de las partículas*

Las partículas coloidales, son de muy bajo diámetro, causantes de la turbiedad y del color del agua, por tanto, es de importancia conocer sus características en especial su carga eléctrica superficial, para saber cómo ha de neutralizarse las mismas a fin de conseguir su desestabilización y posterior remoción, las partículas presentan una doble capa eléctrica, estas partículas coloidales poseen normalmente una carga eléctrica negativa situado sobre su superficie, estas cargas llamadas cargas primarias, atraen los iones positivos del efluente, por tanto, presenta características de adherencia, y/o Adsorción por lo que tiene una relación área/masa muy grande, con gran capacidad de adsorción (acumulación de una sustancia en una cierta superficie interfacial que forma una película líquida o gaseosa en la superficie de un cuerpo) esto se da mediante la fuerzas de Van der Waals y enlaces interatómicos.

adicionalmente, debemos indicar que los iones que se adhieren fuertemente a la partícula, se desplazan con ella, forman la capa adherida o comprimida, mientras que los iones que se adhieren débilmente constituyen la capa difusa, por lo tanto, hay un gradiente o potencial electrostático entre la superficie de la partícula y el efluente, llamado Potencial Zeta, el cual es una medida utilizada frecuentemente. Esto es un indicador claro para saber el potencial necesario para poder penetrar la capa iónica que se encuentra alrededor de una partícula, con la finalidad de desestabilizar a esta.

Asimismo, debemos señalar que existen factores de estabilidad e inestabilidad, a la cual están sometidas las partículas coloidales, estas son las fuerzas de atracción de Van der Waals y las fuerzas de repulsión electrostáticas. Por lo tanto, mediante la técnica de coagulación y floculación se busca desestabilizar químicamente estas partículas coloidales descritas anteriormente produciendo una neutralización a las fuerzas que los mantiene separados, por medio de adición de algún coagulante químicos y aplicación de energía.

#### *Teoría de la coagulación*

Es importante porque se busca la desestabilizar las partículas coloidales que se encuentran en suspensión, para favorecer su aglomeración; en consecuencia, su eliminación es de forma más rápida.

Con respecto al tema físico debemos mencionar que existen los siguientes mecanismos para la desestabilización de las partículas coloidales, compresión de la doble capa eléctrica, el cual hay haber un aumento de la concentración del electrolito, incorpora este iones de signo contrario a la capa difusa, comprimiéndola, disminuyendo las fuerzas repulsivas y con ello el potencial zeta, en segundo lugar tenemos la adsorción y neutralización de cargas la cual está referida a la anulación del potencial existente entre las partículas, obtenido por adición de productos de coagulación que busca la desestabilizan las partículas mediante la neutralización de la carga; en tercer lugar está la adsorción y puente entre partículas, debemos indicar que consiste en el atrapamiento de las partículas desestabilizadas en un floc, mediante las adición de moléculas de polímero las cuales forman el denominado "puente" entre las partículas coloidales y por ultimo está referida al atrapamiento de partículas en un precipitado; al respecto se indica que la molécula de polímero puede absorber una partícula coloidal en una de sus extremidades, mientras que los otros sitios son libres para absorber otras partículas.

Con respecto a la parte química está referida al pH es muy importante a tener en cuenta en la coagulación, porque cada efluente existe tiene un rango de pH óptimo para la cual la coagulación tiene lugar rápidamente, ello depende de la naturaleza de los iones y de la alcalinidad del efluente, y la dosis optima deberá ser determinado por medio de la prueba de jarras y de acuerdo a esto de determinar la dosis adecuada de coagulante que se necesitará en el laboratorio.

#### *Practica de coagulación*

La selección del coagulante es muy importante, toda vez que algunos tienen una mayor respuesta que otros, siendo los más utilizados las sales de Aluminio y de Hierro; cuando estas se adicionan al efluente se producen una serie de reacciones muy complejas donde los productos de hidrólisis son más eficaces que los iones mismos; estas sales reaccionan con la alcalinidad del efluente y producen los hidróxidos de aluminio o hierro que son insolubles y forman los precipitados; por otro lado es importante también considerar la dosis del coagulante a utilizar, dado que esta influye directamente en la eficiencia de la coagulación, es decir la poca cantidad del coagulante, no neutraliza totalmente la carga de la partícula, la formación de los microfloculos es muy escaso, por lo tanto la turbiedad residual es elevada y la alta cantidad de coagulante produce la inversión de la carga de la partícula, conduce a la formación de gran cantidad de microfloculos con tamaños muy pequeños cuyas velocidades de sedimentación son muy bajas, por lo tanto la turbiedad residual es igualmente elevada.

Para la selección del coagulante y la cantidad óptima del coagulante a aplicar; se debe determinar mediante ensayos de pruebas de jarra o test de jarra en laboratorio. Esta selección del coagulante y la dosis se verá en la buena o mala calidad del agua clarificada o en el buen o mal funcionamiento de los demás equipos que comprende en sistema de tratamiento.

#### *Teoría de la floculación*

La floculación es el proceso que sigue a la coagulación, el cual consiste en la agitación de la masa coagulada que permite el crecimiento y aglomeración de los floculos recién formados con la finalidad de incrementar el tamaño y peso necesarios para sedimentar con facilidad.

Este proceso se puede dar de dos maneras, la primera llamada también floculación pericinetica, la cual es producido por el movimiento natural de las moléculas del efluente y esta inducida por la energía térmica, este movimiento es también conocido como el movimiento browniano y en segundo lugar está la floculación ortocinetica el cual consiste en las colisiones de las partículas debido al movimiento del efluente, el que es inducido por una energía exterior a la masa de efluente y que puede ser de origen mecánico o hidráulico.

Es importante considerar que luego de la coagulación es necesario que se produzca la aglomeración de los microfloculos; para que esto suceda se produce primero la floculación pericinetica luego se produce la floculación ortocinética.

Lo que se busca con la floculación es que se, sedimenten a diferentes velocidades, ya que estas diferencias harán que las partículas colisionen y puedan flocular.

#### *Teoría de mezcla*

La esencia de la coagulación eficiente es la eficiencia de mezclar el coagulante con el efluente cruda y la floculación eficiente requiere mezclarse para poner las partículas en contacto unas con otras.

La floculación requiere un gradiente de alta velocidad lo suficientemente para causar partículas de contacto y para evitar que los flóculos se asienten, pero lo suficientemente bajos para evitar que los flóculos se rompan.

Según estudios realizados se ha determinado que el rango óptimo de gradientes de velocidad para floculación varía entre 20 y 75 s<sup>-1</sup> y el de tiempos de retención entre 10 y 30 min, dependiendo de la calidad del efluente.

Hay que entender que a mayor sea el gradiente de velocidad, más rápida será la velocidad de aglomeración de las partículas. Entretanto, a medida que los flóculos aumentan de tamaño, crecen también las fuerzas de cizallamiento hidrodinámico, inducidas por el gradiente de velocidad. Los flóculos crecerán hasta un tamaño máximo, por encima del cual las fuerzas de cizallamiento alcanzan una intensidad que los rompe en partículas menores.

#### *Practica de mezcla*

Es importante mencionar que siempre en primer lugar se debe considerar la inyección del coagulante en el efluente y la dispersión del coagulante en el efluente llamada también mezcla instantánea o mezcla rápida, el criterio para ello debe estar basado en la efectividad, confiabilidad, requisitos de mantenimiento y costo; asegurando que la adición del coagulante al efluente sea constante y uniforme de modo tal que el coagulante sea dispersado y mezclado con el efluente; existen mucho métodos de mezcla entre ellos la mezcla mecánica en línea (conocida como la licuadora en línea), la mezcla estática en línea (consiste en un tubo con línea helicoidal donde las paletas aseguran una mayor turbulencia), este sistema no presenta partes móviles y no requiere energía, esto no necesariamente es ventajoso toda vez que en un mantenimiento no facilita el cambio de alguna pieza si no la totalidad; asimismo la mezcla mecánica en tanque agitados, este tipo de método es usado cuando el coagulante presenta baja turbiedad y la presencia de partículas es pequeña.

Con respecto a la floculación es poner a las partículas en contacto para que colisionen, permanezcan juntos y crezcan a un tamaño suficiente que lo haga fácilmente sedimentar o permitan su filtración, debe asegurarse la suficiente mezcla de tal modo que se asegure el contacto de los flóculos a fin de lograr su sedimentación, algunos autores recomiendan un tiempo mínimo de detención y/o retención para la floculación de treinta (30) minutos. La poza de floculación debe al menos contar con tres compartimientos de modo tal que la velocidad de gradiente disminuya también, ya que lo recomendable es que el flujo a través de velocidades no sea menor de 0.15 m / s ni mayor de 0.45 m / s.

La velocidad de flujo de la poza de floculación a la poza de decantación debe ser lo suficientemente baja para evitar el corte y la ruptura del floc, pero lo suficientemente alto como para mantener el floc en suspensión y poder eliminarlo este.

#### *Operación y mantenimiento*

La importancia del mantenimiento de cualquier planta de tratamiento físico – químico, se desarrolla de dos puntos de vista: primero una destinada a prever averías, efectuar revisiones y la segunda a prestar un servicio destinado a la conservación del rendimiento de la planta, en la cuales deben de tener un mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo.

Además, es importante asegurar el ajuste de los dosificadores que debe estar en función del flujo del efluente, esta tarea debe ser permanente. También el monitoreo del sistema de alimentación del coagulante y floculante para detectar obstrucciones en las líneas, asimismo se debe realizar el mantenimiento de los mezcladores y las pozas de mezcla y

sedimentación, estas tareas en conjunta son de prioridad en estos tipos de tratamiento para conseguir un proceso adecuado en el tratamiento del efluente.

*OBSERVACION*

El especialista fue claro, preciso, conoce su tema

*ANALISIS DOCUMENTARIO*

Libro base, revistas científicas, libros, Zotero, Turniting

*"Profesión*

Ingeniero

*Características de las partículas*

Para obtener resultados con altos porcentajes de remoción de partículas coloidales mediante la técnica de coagulación y floculación, es preciso conocer las características de las partículas coloidales presentes en el efluente a tratar, tales como la carga eléctrica superficial -ya que presenta doble capa eléctrica del mismo signo que hace que existan fuerzas de repulsión entre ellas y les impide aglomerarse para sedimentar-, y el potencial Zeta -poder necesario para penetrar la capa iónica que rodea la partícula-, para determinar su nivel de adherencia y estabilidad, con la finalidad de conocer el potencial necesario para desestabilizar la partícula coloidal, y posteriormente hacer uso correcto de productos químicos (dosis) que alteren el estado físico de dichas partículas que permanecerán por tiempo indefinido de forma estable para convertirlas en partículas susceptibles de separación que puedan ser tratadas con técnicas como la coagulación y floculación.

*Teoría de la coagulación*

Teniendo en consideración que la coagulación consiste en desestabilizar las partículas coloidales por neutralización de sus cargas, lo que elimina las materias en suspensión estables, para luego dar lugar a la formación de flóculos; resulta importante conocer los aspectos físicos y químicos de la técnica de coagulación que logran desestabilizar a las partículas coloidales.

Al respecto, en la parte física se consideran mecanismos que actúan sobre la capa eléctrica de las partículas coloidales, tales como compresión (incremento de iones de carga opuesta con adición de electrolitos o coagulantes), neutralización (el electrolito libera iones positivos con la suficiente densidad de carga para atraer a las partículas coloidales y neutralizar su carga), puente entre partículas (atrapamiento de las partículas desestabilizadas en un floculante) e inmersión en un precipitado o flóculo de barrido (las partículas coloidales sirven como núcleo de precipitación quedando inmersas dentro del precipitado).

Respecto, de la parte química se debe tener en cuenta el potencial de hidrógeno (pH) el cual es un factor crítico en el proceso de coagulación, ya que siempre existe un rango en el que el coagulante específico trabaja mejor, y que coincide con el mínimo de solubilidad de los iones del coagulante utilizado. Asimismo, es de considerar la agitación rápida de la mezcla antes de que comience a formarse el flóculo o precipitado.

*Práctica de coagulación*

Es importante determinar el tipo y cantidad de coagulante (producto químico) a utilizar para el tratamiento de efluentes, teniendo en consideración las características del efluente a tratar (nivel de alcalinidad), ya que los productos químicos utilizados (sales de aluminio y de hierro) reaccionan químicamente con los componentes químicos del agua; y, así como desequilibran a las partículas coloidales provocando su separación, si se añade demasiado coagulante las partículas se cargan ahora con el signo contrario y pueden volver a dispersarse.

La selección del tipo y cantidad óptima del coagulante a utilizar, se determina mediante ensayos de pruebas de jarra o test de jarra en laboratorio.



### *Teoría de la floculación*

La floculación, seguida de la coagulación, consiste en los fenómenos de transporte de las partículas coaguladas para provocar colisiones entre ellas promoviendo su aglomeración para sedimentar con facilidad.

Es así que la colisión de partículas toma importancia porque permite que tan pronto se agregue el coagulante al efluente, se inicien reacciones hidrolíticas que adhieren iones a la superficie de las partículas presentes en la suspensión, las cuales tienen la oportunidad de unirse por sucesivas colisiones (floculación pericinética o movimiento browniano y floculación ortocinética o turbulencia del líquido) hasta formar flóculos que crecen con el tiempo.

Asimismo, se debe tener en cuenta que las partículas de mayor diámetro presentan mayor movimiento que influenciadas por la temperatura permiten que dicho movimiento contribuya a la estabilidad y aglutinamiento de las partículas en agregados mayores y favorecer a la floculación de las mismas.

### *Teoría de mezcla*

Al ser la neutralización de los coloides el principal objetivo del uso de coagulantes, es necesario que el producto químico empleado se difunda con la mayor rapidez posible, ya que el tiempo de coagulación es muy corto. Asimismo, al ser la colisión de partículas el responsable de su aglomeración en la floculación, se precisa establecer gradientes hidráulicos recurriendo a la mezcla y agitación.

Cabe señalar que, la floculación es estimulada por la agitación lenta de la mezcla que favorece a la unión de los flóculos; sin embargo, un mezclado intenso rompería los flóculos ya formados.

### *Práctica de mezcla*

Algunos productos químicos se suministran con una forma de presentación inadecuada para realizar una buena dosificación o mezcla. Por lo que, se realizan preparaciones previas de los productos químicos previo a su dosificación. Ello, se hace en depósitos similares a los de coagulación, de un tamaño no muy grande y con agitadores, y es de estos depósitos que se tomarán los reactivos para las bombas de dosificación.

Las dosis se suelen expresar en miligramos de producto por litro de agua a tratar, y se utiliza la dosis que optimice los productos y reduzca al mínimo los costes. La dosis óptima se determina mediante ensayos denominados “pruebas de jarras”, que consiste en preparar una serie de coagulaciones y floculaciones con diferentes dosis de productos. Los resultados se pueden expresar gráficamente y de ellos se obtienen las condiciones óptimas de operación

Para la realización de preparados en forma disuelta o de suspensión, y para la dosificación final a los depósitos de coagulación y floculación, es necesario disponer de sistemas mecánicos adecuados, los cuales se diferencian en dos tipos de dosificación: por vía seca (es una tolva que puede ir complementada con un sistema volumétrico o gravimétrico) y por vía húmeda.

Ahora bien, la realización de la mezcla precisa favorecer la formación de coágulos mediante mezclas rápidas (se aprovecha la turbulencia generada por un sistema hidráulico de hélices), y flóculos mediante mezclas lentas (turbulencia generada por paletas), a través de sistemas básicos hidráulicos y mecánicos, durante la mezcla de productos químicos con el agua a tratar. En el caso de utilizar agitación mecánica, es importante disponer de un variador de velocidad en el proceso de floculación con el fin de ajustar la velocidad según el tipo de flóculo formado.

### *Operación y mantenimiento*

La operación y mantenimiento adecuado de los sistemas de dosificación y alimentación de productos químicos es importante para el rendimiento general de la planta de tratamiento en su fase de coagulación y floculación. Es así que entre los aspectos que se deben abordar en todos los sistemas de dosificación de sustancias químicas son: (i) mantenimiento adecuado. Esto incluiría un programa de mantenimiento preventivo (MP), repuestos y presupuesto para reparaciones, (ii) reemplazo o unidades alternas para procesos importantes como la coagulación y desinfección, (iii) condición física de los edificios y ambientes que albergan equipos de dosificación, (iv) almacenamiento de sustancias químicas. Las sustancias químicas incompatibles no se deben almacenar en la misma área, (v) programa de información sobre manejo de sustancias químicas peligrosas, (vi) identificación de derrames de sustancias químicas y ubicación de drenajes adecuados en las áreas donde se manejan sustancias químicas, (vii) seguridad con respecto al manejo y dosificación de sustancias químicas, disponibilidad y uso apropiado de equipos de seguridad, como antiparras protectoras y equipos de protección respiratoria, y (viii) calibración periódica de los sistemas de dosificación de sustancias químicas.

### *OBSERVACION*

El especialista fue claro, preciso, conoce su tema

### *ANALISIS DOCUMENTARIO*

Libro base, revistas científicas, libros, Zotero, Turniting

*Entrevistado*

## **Entrevistado 5**

---

*"Profesión*

Ingeniero

*Características de las partículas*

Estas características, como el tamaño de las partículas, la afinidad, carga Eléctrica y doble capa, y los factores de estabilidad e inestabilidad, nos permiten conocer cómo ha de tratarse la misma para conseguir su desestabilización de las partículas para su posterior remoción.

*Teoría de la coagulación*

Los aspectos físico-químicos, eliminan las dobles capas eléctricas que rodean a todas las partículas coloidales llevando a la desestabilización de un coloide, con la formación de núcleos microscópicos, así estos se aglomeran.

*Practica de coagulación*

La selección del coagulante nos ayuda a definir a que los parámetros físico-químicos establecidos por la ley (Turbidez, pH) se cumplan y a la vez debe considerarse la disponibilidad en el mercado, su fácil dosificación, percibilidad, el almacenamiento, transporte y manejo.

En cuanto a la dosis optima, es aquella que produzca un pH dentro de un intervalo admisible y produzca una menor turbiedad final.

*Teoría de la floculación*

El proceso de floculación permite que la aglomeración de partículas desestabilizadas forme microflóculos, y luego pasen a aglomerados más voluminosos llamados flóculos.

*Teoría de mezcla*

La mezcla del coagulante y floculante tiene lugar a sucesivas etapas, la importancia radica en que una vez desestabilizadas las partículas, la colisión entre ellas permite el crecimiento de los microflóculos, que apenas son visibles a simple vista, hasta formas mayores flóculos.

*Practica de Mezcla*

Se requiere del mezclado para destruir la estabilidad del sistema coloidal. Para que las partículas se aglomeren deben chocar, y el mezclado promueve la colisión. Casi siempre es necesaria energía adicional de mezclado. Un mezclado de gran intensidad que distribuya al coagulante y promueva colisiones rápidas es lo más efectivo.

*Operación y mantenimiento*

Es importante ya que garantizar un perfecto funcionamiento en todos los equipos involucrados en el proceso de tratamiento de efluentes.

**OBSERVACION**

El especialista fue claro, preciso, conoce su tema

**ANALISIS DOCUMENTARIO**

Libro base, revistas científicas, libros, Zotero, Turniting

## **ANEXO F: ENTREVISTAS A NIVEL CATEGORIA**

5 Citas encontradas por consulta:

**"Categoría 1"**

---

**P 1: Caso 1 - 1:3 [En primer lugar, las partícula..] (8:12) (Super)**

Códigos: [Categoría 1 - Familia: Survey Items]

No memos

En primer lugar, las partículas coloidales, son las causantes de la turbiedad y del color, por tanto, el tratamiento del efluente está orientado a la remoción de estas partículas, por ellos es importante conocer sus características como la carga eléctrica superficial de las partículas, a fin de conocer cómo ha de neutralizarse las mismas a fin de conseguir su desestabilización y posterior remoción.

Por otro lado, las partículas coloidales presentan una doble capa eléctrica, estas partículas coloidales poseen normalmente una carga eléctrica negativa situado sobre su superficie, estas cargas llamadas cargas primarias, atraen los iones positivos del efluente, por tanto, presenta características de adherencia, los cuales se adhieren fuertemente a las partículas y atraen a su alrededor iones negativos acompañados de una débil cantidad de iones positivos.

Asimismo, debemos indicar que los iones que se adhieren fuertemente a la partícula, se desplazan con ella, forman la capa adherida o comprimida, mientras que los iones que se adhieren débilmente constituyen la capa difusa, por lo tanto, hay un gradiente o potencial electrostático entre la superficie de la partícula y el efluente, llamado Potencial Zeta, el cual es una medida utilizada frecuentemente en la química coloidal. Esta nos indica el potencial necesario para poder penetrar la capa iónica que se encuentra alrededor de una partícula, con la finalidad de desestabilizar a esta. Así podemos decir, que el potencial zeta es considerado una potencia electrostática que hay entre las capas que se encuentran situadas en torno a la partícula.

Por ultimo debemos señalar que existen factores de estabilidad e inestabilidad, a la cual están sometidas las partículas coloidales, estas son las fuerzas de atracción de Van der Waals y las fuerzas de repulsión electrostáticas.

El equilibrio de una suspensión coloidal dependerá de la fuerza resultante entre la fuerza de atracción y la fuerza de repulsión.

**P 2: Caso 2 - 2:3 [Débenos iniciar indicando que,..] (8:11) (Super)**

Códigos: [Categoría 1 - Familia: Survey Items]

No memos

Débenos iniciar indicando que, las partículas coloides son las causantes de la turbiedad y color del agua, en este sentido, el tratamiento del efluente tendrá como objetivo la remoción de las partículas mencionadas, para tal objetivo es importante conocer sus características como la carga eléctrica superficial de la partícula, con la finalidad de neutralizar, conseguir su desestabilización y posterior remoción.

Las partículas coloides presentan una doble capa eléctrica, encontrando normalmente una carga eléctrica negativa situado sobre su superficie llamadas cargas primarias, esta carga atraen los iones positivos del efluente, este último se considera como características de Adherencia, siendo fuerte la adherencia a las partículas que atraen a su alrededor iones negativos acompañados de una débil cantidad de iones positivos. Asimismo, los iones que se adhieren fuertemente a las partículas se desplazan con ella, forman la capa adherida o comprimida, mientras que los iones que se adhieren débilmente constituyen la capa difusa, en consecuencia, existe una gradiente o potencial electrostático entre la superficie

de la partícula y el efluente llamado Potencial Zeta, siendo una medida utilizada frecuentemente en la química coloidal, esta medida nos indicará el potencial necesario para poder atravesar la capa iónica que se encuentra en el contorno de una partícula, con la finalidad de desestabilizarla.

Es menester indicar que, existe factores de estabilidad e inestabilidad, a las cuales están sujetas las partículas coloidales, estas son las fuerzas de atracción de Van der Waals y las fuerzas de repulsión electrostáticas.

Finalmente, se tiene que tener presente que el equilibrio de una suspensión coloidal dependerá de la fuerza resultante entre la fuerza de atracción y repulsión.

**P 3: Caso 3 - 3:3 [Las partículas coloidales, son..] (8:10) (Super)**

Códigos: [Categoría 1 - Familia: Survey Items]

No memos

Las partículas coloidales, son de muy bajo diámetro, causantes de la turbiedad y del color del agua, por tanto, es de importancia conocer sus características en especial su carga eléctrica superficial, para saber cómo ha de neutralizarse las mismas a fin de conseguir su desestabilización y posterior remoción, las partículas presentan una doble capa eléctrica, estas partículas coloidales poseen normalmente una carga eléctrica negativa situado sobre su superficie, estas cargas llamadas cargas primarias, atraen los iones positivos del efluente, por tanto, presenta características de adherencia, y/o Adsorción por lo que tiene una relación área/masa muy grande, con gran capacidad de adsorción (acumulación de una sustancia en una cierta superficie interfacial que forma una película líquida o gaseosa en la superficie de un cuerpo) esto se da mediante la fuerzas de Van del Waals y enlaces interatómicos.

adicionalmente, debemos indicar que los iones que se adhieren fuertemente a la partícula, se desplazan con ella, forman la capa adherida o comprimida, mientras que los iones que se adhieren débilmente constituyen la capa difusa, por lo tanto, hay un gradiente o potencial electrostático entre la superficie de la partícula y el efluente, llamado Potencial Zeta, el cual es una medida utilizada frecuentemente. Esto es un indicador claro para saber el potencial necesario para poder penetrar la capa iónica que se encuentra alrededor de una partícula, con la finalidad de desestabilizar a esta.

Asimismo, debemos señalar que existen factores de estabilidad e inestabilidad, a la cual están sometidas las partículas coloidales, estas son las fuerzas de atracción de Van der Waals y las fuerzas de repulsión electrostáticas. Por lo tanto, mediante la técnica de coagulación y floculación se busca desestabilizar químicamente estas partículas coloidales descritas anteriormente produciendo una neutralización a las fuerzas que los mantiene separados, por medio de adición de algún coagulante químicos y aplicación de energía.

**P 4: Caso 4 - 4:3 [Para obtener resultados con al..] (8:8) (Super)**

Códigos: [Categoría 1 - Familia: Survey Items]

No memos

Para obtener resultados con altos porcentajes de remoción de partículas coloidales mediante la técnica de coagulación y floculación, es preciso conocer las características de las partículas coloidales presentes en el efluente a tratar, tales como la carga eléctrica superficial -ya que presenta doble capa eléctrica del mismo signo que hace que existan fuerzas de repulsión entre ellas y les impide aglomerarse para sedimentar-, y el potencial Zeta -potencial necesario para penetrar la capa iónica que rodea la partícula-, para determinar

su nivel de adherencia y estabilidad, con la finalidad de conocer el potencial necesario para desestabilizar la partícula coloidal, y posteriormente hacer uso correcto de productos químicos (dosis) que alteren el estado físico de dichas partículas que permanecerán por tiempo indefinido de forma estable para convertirlas en partículas susceptibles de separación que puedan ser tratadas con técnicas como la coagulación y floculación.

**P 5: Caso 5 - 5:3 [Estas características, como el..] (8:8) (Super)**

Códigos: [Categoría 1 - Familia: Survey Items]

No memos

Estas características, como el tamaño de las partículas, la afinidad, carga Eléctrica y doble capa, y los factores de estabilidad e inestabilidad, nos permiten conocer cómo ha de tratarse la misma para conseguir su desestabilización de las partículas para su posterior remoción.

5 Citas encontradas por consulta:

**"Categoría 2"**

---

**P 1: Caso 1 - 1:5 [Es de suma importancia porque ..] (24:26) (Super)**

Códigos: [Categoría 2 - Familia: Survey Items]

No memos

Es de suma importancia porque el objetivo de la coagulación es desestabilizar las partículas coloidales que se encuentran en suspensión, para favorecer su aglomeración; en consecuencia, se eliminan las materias en suspensión estables.

En el aspecto físico debemos mencionar que existen los siguientes mecanismos para la desestabilización de las partículas coloidales, compresión de la doble capa eléctrica, al respecto debemos indicar que cuando se aproximan dos partículas semejantes, sus capas difusas interactúan y generan una fuerza de repulsión, cuyo potencial de repulsión está en función de la distancia que los separa y cae rápidamente con el incremento de iones de carga opuesta al de las partículas, esto se consigue con los iones del coagulante adicionado, en segundo lugar tenemos la adsorción y neutralización de cargas la cual está referida a la anulación del potencial existente entre las partículas, obtenido por adición de productos de coagulación que busca la desestabilizan las partículas mediante la neutralización de la carga; en tercer lugar está la adsorción y puente entre partículas, debemos indicar que consiste en el atrapamiento de las partículas desestabilizadas en un floc y por ultimo está referida al atrapamiento de partículas en un precipitado; al respecto se indica que la molécula de polímero puede absorber una partícula coloidal en una de sus extremidades, mientras que los otros sitios son libres para absorber otras partículas. Por eso se dice que las moléculas de los polímeros forman el llamado “puente” entre las partículas coloidales.

Con respecto a la parte química está referida al pH es muy importante a tener en cuenta en la coagulación, porque cada efluente existe tiene un rango de pH óptimo para la cual la coagulación tiene lugar rápidamente, ello depende de la naturaleza de los iones y de la alcalinidad del efluente, y la dosis optima deberá ser determinado por medio de la prueba de jarras y será la cantidad de coagulante a aplicar.

**P 2: Caso 2 - 2:5 [Debemos saber que el objetivo ..] (22:24) (Super)**

Códigos: [Categoría 2 - Familia: Survey Items]

No memos

Debemos saber que el objetivo de la coagulación es desestabilizar las partículas coloidales que se encuentran en suspensión de manera estable, favoreciendo su aglomeración, eliminando las materias en suspensión estables.

En el aspecto físico debemos mencionar que existen los siguientes mecanismos para la desestabilización de las partículas coloidales, entre ellos tenemos: i) compresión de la doble capa eléctrica, la aproximación dos partículas semejantes, hacen que sus capas difusas interactúan y generan una fuerza de repulsión, creando un potencial de repulsión en relación a la distancia que los separa y cayendo de manera rápida con el incremento de iones de carga opuesta al de las partículas, esto se consigue con los iones del coagulante adicionado; ii) adsorción y neutralización de cargas, la cual está referida a la anulación del potencial existente entre las partículas, se obtienen adicionando cationes de mayor valencia que se adsorben sobre la superficie de las partículas y reduce el potencial del coloide en la superficie de éste; iii) adsorción y puente entre partículas, consiste en la aglomeración de partículas desestabilizadas a través de los puentes proporcionados por la



floculación (moléculas de polímero), dando lugar al floc. Por eso se dice que las moléculas de los polímeros forman el llamado “puente” entre las partículas coloidales. y; iv) atrapamiento de partículas en un precipitado, las partículas desestabilizadas son atrapadas en un floc, la presencia de ciertos aniones y de las partículas coloidales aceleran la formación del precipitado.

Respecto al aspecto químico, está referida al pH el cual se considera la variable más importante a tener en cuenta al momento de la coagulación, debido a que los tipos de coagulantes son óptimos y eficiente en rangos definidos. Por lo que, si no se tiene en cuenta el rango óptimo de pH y se realice fuera de ella, lo más probable sea que se incremente la cantidad de coagulante incrementando a su vez el costo del tratamiento.

**P 3: Caso 3 - 3:5 [Es importante porque se busca ..] (20:22) (Super)**

Códigos: [Categoría 2 - Familia: Survey Items]

No memos

Es importante porque se busca la desestabilizar las partículas coloidales que se encuentran en suspensión, para favorecer su aglomeración; en consecuencia, su eliminación es de forma más rápida.

Con respecto al tema físico debemos mencionar que existen los siguientes mecanismos para la desestabilización de las partículas coloidales, compresión de la doble capa eléctrica, el cual hay haber un aumento de la concentración del electrolito, incorpora estas iones de signo contrario a la capa difusa, comprimiéndola, disminuyendo las fuerzas repulsivas y con ello el potencial zeta, en segundo lugar tenemos la adsorción y neutralización de cargas la cual está referida a la anulación del potencial existente entre las partículas, obtenido por adición de productos de coagulación que busca la desestabilizan las partículas mediante la neutralización de la carga; en tercer lugar está la adsorción y puente entre partículas, debemos indicar que consiste en el atrapamiento de las partículas desestabilizadas en un floc, mediante la adición de moléculas de polímero las cuales forman el denominado “puente” entre las partículas coloidales y por último está referida al atrapamiento de partículas en un precipitado; al respecto se indica que la molécula de polímero puede absorber una partícula coloidal en una de sus extremidades, mientras que los otros sitios son libres para absorber otras partículas.

Con respecto a la parte química está referida al pH es muy importante a tener en cuenta en la coagulación, porque cada efluente existe tiene un rango de pH óptimo para la cual la coagulación tiene lugar rápidamente, ello depende de la naturaleza de los iones y de la alcalinidad del efluente, y la dosis óptima deberá ser determinada por medio de la prueba de jarras y de acuerdo a esto de determinar la dosis adecuada de coagulante que se necesitará en el laboratorio.

**P 4: Caso 4 - 4:5 [Teniendo en consideración que ..] (14:16) (Super)**

Códigos: [Categoría 2 - Familia: Survey Items]

No memos

Teniendo en consideración que la coagulación consiste en desestabilizar las partículas coloidales por neutralización de sus cargas, lo que elimina las materias en suspensión estables, para luego dar lugar a la formación de flóculos; resulta importante conocer los aspectos físicos y químicos de la técnica de coagulación que logran desestabilizar a las partículas coloidales.

Al respecto, en la parte física se consideran mecanismos que actúan sobre la capa eléctrica de las partículas coloidales, tales como compresión (incremento de iones de carga opuesta

con adición de electrolitos o coagulantes), neutralización (el electrolito libera iones positivos con la suficiente densidad de carga para atraer a las partículas coloidales y neutralizar su carga), puente entre partículas (atrapamiento de las partículas desestabilizadas en un floculante) e inmersión en un precipitado o flóculo de barrido (las partículas coloidales sirven como núcleo de precipitación quedando inmersas dentro del precipitado).

Respecto, de la parte química se debe tener en cuenta el potencial de hidrógeno (pH) el cual es un factor crítico en el proceso de coagulación, ya que siempre existe un rango en el que el coagulante específico trabaja mejor, y que coincide con el mínimo de solubilidad de los iones del coagulante utilizado. Asimismo, es de considerar la agitación rápida de la mezcla antes de que comience a formarse el flóculo o precipitado.

**P 5: Caso 5 - 5:5 [Los aspectos físico-químicos, ..] (14:14) (Super)**

Códigos: [Categoría 2 - Familia: Survey Items]

No memos

Los aspectos físico-químicos, eliminan las dobles capas eléctricas que rodean a todas las partículas coloidales llevando a la desestabilización de un coloide, con la formación de núcleos microscópicos, así estos se aglomeran.

5 Citas encontradas por consulta:  
"Categoría 3"

---

**P 1: Caso 1 - 1:7 [La selección del coagulante es..] (36:37) (Super)**

Códigos: [Categoría 3 - Familia: Survey Items]

No memos

La selección del coagulante es muy importante, toda vez que algunos tienen un mayor espectro de respuesta y siendo los más utilizados las sales de Aluminio y de Hierro; cuando estas se adicionan al efluente se producen una serie de reacciones muy complejas donde los productos de hidrólisis son más eficaces que los iones mismos; estas sales reaccionan con la alcalinidad del efluente y producen los hidróxidos de aluminio o hierro que son insolubles y forman los precipitados; por otro lado es importante también considerar la dosis del coagulante a utilizar, dado que esta influye directamente en la eficiencia de la coagulación, es decir la poca cantidad del coagulante, no neutraliza totalmente la carga de la partícula, la formación de los microfloculos es muy escaso, por lo tanto la turbiedad residual es elevada y la alta cantidad de coagulante produce la inversión de la carga de la partícula, conduce a la formación de gran cantidad de microfloculos con tamaños muy pequeños cuyas velocidades de sedimentación son muy bajas, por lo tanto la turbiedad residual es igualmente elevada.

Para la selección del coagulante y la cantidad óptima del coagulante a aplicar; se debe determinar mediante ensayos de pruebas de jarra o test de jarra en laboratorio.

**P 2: Caso 2 - 2:7 [La selección del tipo de coagu..] (34:36) (Super)**

Códigos: [Categoría 3 - Familia: Survey Items]

No memos

La selección del tipo de coagulante a dosificar en el efluente a tratar es esencial, toda vez que, esto determinará qué elementos se retirará del efluente. Los coagulantes metálicos más efectivos en intervalos de pH de un mayor rango son las sales de Aluminio y de Hierro; cuando estas se adicionan al efluente se producen una serie de reacciones muy complejas donde los productos de hidrólisis son más eficaces que los iones mismos; estas sales reaccionan con la alcalinidad del efluente y producen los hidróxidos de aluminio o hierro que son insolubles y forman los precipitados.

De otro lado, es importante también considerar la dosis óptima del coagulante a utilizar, dado que esta influye directamente en la eficiencia de la coagulación, es decir la poca cantidad del coagulante, no neutraliza totalmente la carga de la partícula, la formación de los microfloculos es muy escaso, por lo tanto la turbiedad residual es elevada, mientras que la alta cantidad de coagulante produce la inversión de la carga de la partícula, conduce a la formación de gran cantidad de microfloculos con tamaños muy pequeños cuyas velocidades de sedimentación son muy bajas, por lo tanto la turbiedad residual es igualmente elevada.

Para la selección del coagulante y la dosis óptima del coagulante a aplicar, se debe determinar mediante ensayos de pruebas de jarra o test de jarra en laboratorio.

**P 3: Caso 3 - 3:7 [La selección del coagulante es..] (32:33) (Super)**

Códigos: [Categoría 3 - Familia: Survey Items]

No memos

La selección del coagulante es muy importante, toda vez que algunos tienen una mayor respuesta que otros, siendo los más utilizados las sales de Aluminio y de Hierro; cuando estas se adicionan al efluente se producen una serie de reacciones muy complejas donde los productos de hidrólisis son más eficaces que los iones mismos; estas sales reaccionan con la alcalinidad del efluente y producen los hidróxidos de aluminio o hierro que son insolubles y forman los precipitados; por otro lado es importante también considerar la dosis del coagulante a utilizar, dado que esta influye directamente en la eficiencia de la coagulación, es decir la poca cantidad del coagulante, no neutraliza totalmente la carga de la partícula, la formación de los microfloculos es muy escaso, por lo tanto la turbiedad residual es elevada y la alta cantidad de coagulante produce la inversión de la carga de la partícula, conduce a la formación de gran cantidad de microfloculos con tamaños muy pequeños cuyas velocidades de sedimentación son muy bajas, por lo tanto la turbiedad residual es igualmente elevada.

Para la selección del coagulante y la cantidad óptima del coagulante a aplicar; se debe determinar mediante ensayos de pruebas de jarra o test de jarra en laboratorio. Esta selección del coagulante y la dosis se verá en la buena o mala calidad del agua clarificada o en el buen o mal funcionamiento de los demás equipos que comprende en sistema de tratamiento.

**P 4: Caso 4 - 4:7 [Es importante determinar el ti..] (26:27) (Super)**

Códigos: [Categoría 3 - Familia: Survey Items]

No memos

Es importante determinar el tipo y cantidad de coagulante (producto químico) a utilizar para el tratamiento de efluentes, teniendo en consideración las características del efluente a tratar (nivel de alcalinidad), ya que los productos químicos utilizados (sales de aluminio y de hierro) reaccionan químicamente con los componentes químicos del agua; y, así como desequilibran a las partículas coloidales provocando su separación, si se añade demasiado coagulante las partículas se cargan ahora con el signo contrario y pueden volver a dispersarse.

La selección del tipo y cantidad óptima del coagulante a utilizar, se determina mediante ensayos de pruebas de jarra o test de jarra en laboratorio.

**P 5: Caso 5 - 5:7 [La selección del coagulante no..] (20:22) (Super)**

Códigos: [Categoría 3 - Familia: Survey Items]

No memos

La selección del coagulante nos ayuda a definir a que los parámetros físico-químicos establecidos por la ley (Turbidez, pH) se cumplan y a la vez debe considerarse la disponibilidad en el mercado, su fácil dosificación, precibilidad, el almacenamiento, transporte y manejo.

En cuanto a la dosis optima, es aquella que produzca un pH dentro de un intervalo admisible y produzca una menor turbiedad final.

5 Citas encontradas por consulta:

**"Categoría 4"**

---

**P 1: Caso 1 - 1:9 [La floculación es el proceso q..] (46:50) (Super)**

Códigos: [Categoría 4 - Familia: Survey Items]

No memos

La floculación es el proceso que sigue a la coagulación, el cual consiste en la agitación de la masa coagulada que permite el crecimiento y aglomeración de los flóculos recién formados con la finalidad de incrementar el tamaño y peso necesarios para sedimentar con facilidad.

Este proceso se puede dar de dos maneras, la primera llamada también floculación pericinetica, la cual es producido por el movimiento natural de las moléculas del efluente y esta inducida por la energía térmica, este movimiento es también conocido como el movimiento browniano y en segundo lugar está la floculación ortocinetica el cual consiste en las colisiones de las partículas debido al movimiento del efluente, el que es inducido por una energía exterior a la masa de efluente y que puede ser de origen mecánico o hidráulico.

Es importante considerar que luego de la coagulación es necesario que se produzca la aglomeración de los microflóculos; para que esto suceda se produce primero la floculación pericinética luego se produce la floculación ortocinética.

Por otro lado, debido a que las partículas de flóculo son de diferente tamaño, se sedimentan a diferentes velocidades, estas diferencias hacen que las partículas colisionen y floculen.

Por otro lado, es importante señalar que para mejorar la floculación es una práctica común adicionar un floculante, el orden de esto es importante para lograr resultados óptimos a un costo mínimo, siendo el primero en adicionarse el coagulante para luego agregarse un floculante.

**P 2: Caso 2 - 2:9 [La floculación es el proceso q..] (46:50) (Super)**

Códigos: [Categoría 4 - Familia: Survey Items]

No memos

La floculación es el proceso que sigue a la coagulación, el cual consiste en la agitación de la masa coagulada que permite la aglomeración de partículas llamados flóculos y el crecimiento del mismo, con la finalidad de incrementar el tamaño y peso necesarios para sedimentar con facilidad.

La floculación se puede dar de dos maneras, la primera llamada también floculación pericinetica, la cual es producido por el movimiento natural de las moléculas del efluente y está inducida por la energía térmica, este movimiento es también conocido como el movimiento browniano y en segundo lugar está la floculación ortocinetica, el cual consiste en las colisiones de las partículas debido al movimiento del efluente, el que es inducido por una energía exterior a la masa de efluente y que puede ser de origen mecánico o hidráulico.

Es importante indicar que luego de la coagulación es necesario que se produzca la aglomeración de los microflóculos, por los mecanismos antes señalados.

Las partículas de flóculo son de diferente tamaño, por tal razón se sedimentan a diferentes velocidades, estas diferencias harán que las partículas colisionen y floculen.

Para mejorar la floculación, una práctica común es adicionar un floculante, el orden de esto es importante para lograr resultados óptimos a un costo mínimo, siendo el primero en adicionarse el coagulante para luego agregarse un floculante.

**P 3: Caso 3 - 3:9 [La floculación es el proceso q..] (42:45) (Super)**

Códigos: [Categoría 4 - Familia: Survey Items]

No memos

La floculación es el proceso que sigue a la coagulación, el cual consiste en la agitación de la masa coagulada que permite el crecimiento y aglomeración de los flóculos recién formados con la finalidad de incrementar el tamaño y peso necesarios para sedimentar con facilidad.

Este proceso se puede dar de dos maneras, la primera llamada también floculación pericinetica, la cual es producido por el movimiento natural de las moléculas del efluente y esta inducida por la energía térmica, este movimiento es también conocido como el movimiento browniano y en segundo lugar está la floculación ortocinetica el cual consiste en las colisiones de las partículas debido al movimiento del efluente, el que es inducido por una energía exterior a la masa de efluente y que puede ser de origen mecánico o hidráulico.

Es importante considerar que luego de la coagulación es necesario que se produzca la aglomeración de los microflóculos; para que esto suceda se produce primero la floculación pericinética luego se produce la floculación ortocinética.

Lo que se busca con la floculación es que se, sedimenten a diferentes velocidades, ya que estas diferencias harán que las partículas colisionen y puedan flocular.

**P 4: Caso 4 - 4:9 [La floculación, seguida de la ..] (36:38) (Super)**

Códigos: [Categoría 4 - Familia: Survey Items]

No memos

La floculación, seguida de la coagulación, consiste en los fenómenos de transporte de las partículas coaguladas para provocar colisiones entre ellas promoviendo su aglomeración para sedimentar con facilidad.

Es así que la colisión de partículas toma importancia porque permite que tan pronto se agregue el coagulante al efluente, se inicien reacciones hidrolíticas que adhieren iones a la superficie de las partículas presentes en la suspensión, las cuales tienen la oportunidad de unirse por sucesivas colisiones (floculación pericinética o movimiento browniano y floculación ortocinética o turbulencia del líquido) hasta formar flóculos que crecen con el tiempo.

Asimismo, se debe tener en cuenta que las partículas de mayor diámetro presentan mayor movimiento que influenciadas por la temperatura permiten que dicho movimiento contribuya a la estabilidad y aglutinamiento de las partículas en agregados mayores y favorecer a la floculación de las mismas.

**P 5: Caso 5 - 5:9 [El proceso de floculación perm..] (32:32) (Super)**

Códigos: [Categoría 4 - Familia: Survey Items]

No memos

El proceso de floculación permite que la aglomeración de partículas desestabilizadas forme microflóculos, y luego pasen a aglomerados más voluminosos llamados flóculos.

5 Citas encontradas por consulta:

## "Categoría 5"

---

### **P 1: Caso 1 - 1:11 [La esencia de la coagulación e..] (62:65) (Super)**

Códigos: [Categoría 5 - Familia: Survey Items]

No memos

La esencia de la coagulación eficiente es la eficiencia de mezclar el coagulante con el efluente cruda y la floculación eficiente requiere mezclarse para poner las partículas en contacto unas con otras.

La floculación requiere un gradiente de alta velocidad lo suficientemente para causar partículas de contacto y para evitar que los flóculos se asienten, pero lo suficientemente bajos para evitar que los flóculos se rompan.

Según los estudios realizados se ha determinado que el rango óptimo de gradientes de velocidad para floculación varía entre 20 y 75 s<sup>-1</sup> y el de tiempos de retención entre 10 y 30 min, dependiendo de la calidad del efluente.

Cuanto mayor sea el gradiente de velocidad, más rápida será la velocidad de aglomeración de las partículas. Entretanto, a medida que los flóculos aumentan de tamaño, crecen también las fuerzas de cizallamiento hidrodinámico, inducidas por el gradiente de velocidad. Los flóculos crecerán hasta un tamaño máximo, por encima del cual las fuerzas de cizallamiento alcanzan una intensidad que los rompe en partículas menores.

### **P 2: Caso 2 - 2:11 [La importancia de la mezcla de..] (62:65) (Super)**

Códigos: [Categoría 5 - Familia: Survey Items]

No memos

La importancia de la mezcla del coagulante con el efluente cruda es esencial, debido a que se tienen que garantizar la coagulación completa, dado que, transcurrido la etapa de mezcla rápida, inicia la aglomeración de partículas desestabilizadas llamados flóculos, esto sucederá en la segunda etapa de mezcla, denominada etapa de mezcla lenta.

La floculación requiere un gradiente de alta velocidad lo suficientemente para causar partículas de contacto y para evitar que los flóculos se asienten, pero lo suficientemente bajos para evitar que los flóculos se rompan.

De acuerdo a los estudios realizados y considerando la calidad del efluente, se tiene rangos óptimos de gradientes de velocidad para floculación, que varía entre 20 y 75 s<sup>-1</sup> y el de tiempos de retención entre 10 y 30 min.

Cuanto mayor sea el gradiente de velocidad, más rápida será la velocidad de aglomeración de las partículas. Entretanto, a medida que los flóculos aumentan de tamaño, crecen también las fuerzas de cizallamiento hidrodinámico, inducidas por el gradiente de velocidad. Los flóculos crecerán hasta un tamaño máximo, por encima del cual las fuerzas de cizallamiento alcanzan una intensidad que los rompe en partículas menores.

### **P 3: Caso 3 - 3:11 [La esencia de la coagulación e..] (56:59) (Super)**

Códigos: [Categoría 5 - Familia: Survey Items]

No memos

La esencia de la coagulación eficiente es la eficiencia de mezclar el coagulante con el efluente cruda y la floculación eficiente requiere mezclarse para poner las partículas en contacto unas con otras.

La floculación requiere un gradiente de alta velocidad lo suficientemente para causar partículas de contacto y para evitar que los flóculos se asienten, pero lo suficientemente bajos para evitar que los flóculos se rompan.

Según estudios realizados se ha determinado que el rango óptimo de gradientes de velocidad para floculación varía entre 20 y 75 s<sup>-1</sup> y el de tiempos de retención entre 10 y 30 min, dependiendo de la calidad del efluente.

Hay que entender que a mayor sea el gradiente de velocidad, más rápida será la velocidad de aglomeración de las partículas. Entretanto, a medida que los flóculos aumentan de tamaño, crecen también las fuerzas de cizallamiento hidrodinámico, inducidas por el gradiente de velocidad. Los flóculos crecerán hasta un tamaño máximo, por encima del cual las fuerzas de cizallamiento alcanzan una intensidad que los rompe en partículas menores.

**P 4: Caso 4 - 4:11 [Al ser la neutralización de lo..] (48:49) (Super)**

Códigos: [Categoría 5 - Familia: Survey Items]

No memos

Al ser la neutralización de los coloides el principal objetivo del uso de coagulantes, es necesario que el producto químico empleado se difunda con la mayor rapidez posible, ya que el tiempo de coagulación es muy corto. Asimismo, al ser la colisión de partículas el responsable de su aglomeración en la floculación, se precisa establecer gradientes hidráulicos recurriendo a la mezcla y agitación.

Cabe señalar que, la floculación es estimulada por la agitación lenta de la mezcla que favorece a la unión de los flóculos; sin embargo, un mezclado intenso rompería los flóculos ya formados.

**P 5: Caso 5 - 5:11 [La mezcla del coagulante y flo..] (38:38) (Super)**

Códigos: [Categoría 5 - Familia: Survey Items]

No memos

La mezcla del coagulante y floculante tiene lugar a sucesivas etapas, la importancia radica en que una vez desestabilizadas las partículas, la colisión entre ellas permite el crecimiento de los microflóculos, que apenas son visibles a simple vista, hasta formas mayores flóculos.



5 Citas encontradas por consulta:

**"Categoría 6"**

---

**P 1: Caso 1 - 1:13 [Es importante mencionar que en..] (76:79) (Super)**

Códigos: [Categoría 6 - Familia: Survey Items]

No memos

Es importante mencionar que en primer lugar se debe considerar la inyección del coagulante en el efluente y la dispersión del coagulante en el efluente llamada también mezcla instantánea o mezcla rápida, el criterio para ello debe estar basado en la efectividad, confiabilidad, requisitos de mantenimiento y costo; asegurando que la adición del coagulante al efluente sea constante y uniforme de modo tal que el coagulante sea dispersado y mezclado con el efluente; existen muchos métodos de mezcla entre ellos la mezcla mecánica en línea (conocida como la licuadora en línea), la mezcla estática en línea (consiste en un tubo con línea helicoidal donde las paletas aseguran una mayor turbulencia), este sistema no presenta partes móviles y no requiere energía, esto no necesariamente es ventajoso toda vez que en un mantenimiento no facilita el cambio de alguna pieza si no la totalidad; asimismo la mezcla mecánica en tanque agitados, este tipo de método es usado cuando el coagulante presenta baja turbiedad y la presencia de partículas es pequeña.

Con respecto a la floculación es poner a las partículas en contacto para que colisionen, permanezcan juntos y crezcan a un tamaño suficiente que lo haga fácilmente sedimentar o permitan su filtración, debe asegurarse la suficiente mezcla de tal modo que se asegure el contacto de los flóculos a fin de lograr su sedimentación, algunos autores recomiendan un tiempo mínimo de detención para la floculación de treinta (30) minutos.

La poza de floculación debe al menos contar con tres compartimientos de modo tal que la velocidad de gradiente disminuya también, según Glumrb (2003) recomienda que el flujo a través de velocidades no sea menor de 0.15 m / s ni mayor de 0.45 m / s.

La velocidad de flujo de la poza de floculación a la poza de decantación debe ser lo suficientemente baja para evitar el corte y la ruptura del floc, pero lo suficientemente alto como para mantener el floc en suspensión.

**P 2: Caso 2 - 2:13 [Se debe considerar la inyección..] (76:80) (Super)**

Códigos: [Categoría 6 - Familia: Survey Items]

No memos

Se debe considerar la inyección del coagulante en el efluente y la dispersión del mismo en el efluente llamada durante transcurrido la etapa de mezcla rápida o mezcla instantánea, los criterios a considera están basados en la efectividad, confiabilidad, requisitos de mantenimiento y costo; asegurando que la adición del coagulante al efluente sea constante y uniforme de modo tal que el coagulante sea dispersado y mezclado de manera completa con el efluente.

Existen muchos métodos de mezcla, entre ellos la mezcla mecánica en línea (conocida como la licuadora en línea), la mezcla estática en línea (consiste en un tubo con línea helicoidal donde las paletas aseguran una mayor turbulencia), asimismo la mezcla mecánica en tanque agitados, este tipo de método es usado cuando el efluente presenta baja turbiedad y la presencia de partículas es pequeña.

Con respecto a la floculación es poner a las partículas en contacto para que colisionen, permanezcan juntos y crezcan a un tamaño suficiente que lo haga fácilmente sedimentar o permitan su filtración, debe asegurarse la suficiente mezcla de tal modo que se asegure

el contacto de los flóculos a fin de lograr su sedimentación, algunos autores recomiendan un tiempo mínimo de detención para la floculación de treinta (30) minutos.

La poza de floculación debe al menos contar con compartimientos de modo tal que la velocidad de gradiente disminuya también, según Glumrb (2003) recomienda que el flujo a través de velocidades no sea menor de 0.15 m/s ni mayor de 0.45 m/s.

La velocidad de flujo de la poza de floculación a la poza de decantación debe ser lo suficientemente baja para evitar el corte y la ruptura del floc, pero lo suficientemente alto como para mantener el floc en suspensión.

**P 3: Caso 3 - 3:13 [Es importante mencionar que si..] (70:73) (Super)**

Códigos: [Categoría 6 - Familia: Survey Items]

No memos

Es importante mencionar que siempre en primer lugar se debe considerar la inyección del coagulante en el efluente y la dispersión del coagulante en el efluente llamada también mezcla instantánea o mezcla rápida, el criterio para ello debe estar basado en la efectividad, confiabilidad, requisitos de mantenimiento y costo; asegurando que la adición del coagulante al efluente sea constante y uniforme de modo tal que el coagulante sea dispersado y mezclado con el efluente; existen mucho métodos de mezcla entre ellos la mezcla mecánica en línea (conocida como la licuadora en línea), la mezcla estática en línea (consiste en un tubo con línea helicoidal donde las paletas aseguran una mayor turbulencia), este sistema no presenta partes móviles y no requiere energía, esto no necesariamente es ventajoso toda vez que en un mantenimiento no facilita el cambio de alguna pieza si no la totalidad; asimismo la mezcla mecánica en tanque agitados, este tipo de método es usado cuando el coagulante presenta baja turbiedad y la presencia de partículas es pequeña.

Con respecto a la floculación es poner a las partículas en contacto para que colisionen, permanezcan juntos y crezcan a un tamaño suficiente que lo haga fácilmente sedimentar o permitan su filtración, debe asegurarse la suficiente mezcla de tal modo que se asegure el contacto de los flóculos a fin de lograr su sedimentación, algunos autores recomiendan un tiempo mínimo de detención y/o retención para la floculación de treinta (30) minutos. La poza de floculación debe al menos contar con tres compartimientos de modo tal que la velocidad de gradiente disminuya también, ya que lo recomendable es que el flujo a través de velocidades no sea menor de 0.15 m / s ni mayor de 0.45 m / s.

La velocidad de flujo de la poza de floculación a la poza de decantación debe ser lo suficientemente baja para evitar el corte y la ruptura del floc, pero lo suficientemente alto como para mantener el floc en suspensión y poder eliminarlo este.

**P 4: Caso 4 - 4:13 [Algunos productos químicos se ..] (58:61) (Super)**

Códigos: [Categoría 6 - Familia: Survey Items]

No memos

Algunos productos químicos se suministran con una forma de presentación inadecuada para realizar una buena dosificación o mezcla. Por lo que, se realizan preparaciones previas de los productos químicos previo a su dosificación. Ello, se hace en depósitos similares a los de coagulación, de un tamaño no muy grande y con agitadores, y es de estos depósitos que se tomarán los reactivos para las bombas de dosificación.

Las dosis se suelen expresar en miligramos de producto por litro de agua a tratar, y se utiliza la dosis que optimice los productos y reduzca al mínimo los costes. La dosis óptima se determina mediante ensayos denominados “pruebas de jarras”, que consiste en preparar

una serie de coagulaciones y floculaciones con diferentes dosis de productos. Los resultados se pueden expresar gráficamente y de ellos se obtienen las condiciones óptimas de operación

Para la realización de preparados en forma disuelta o de suspensión, y para la dosificación final a los depósitos de coagulación y floculación, es necesario disponer de sistemas mecánicos adecuados, los cuales se diferencian en dos tipos de dosificación: por vía seca (es una tolva que puede ir complementada con un sistema volumétrico o gravimétrico) y por vía húmeda.

Ahora bien, la realización de la mezcla precisa favorecer la formación de coágulos mediante mezclas rápidas (se aprovecha la turbulencia generada por un sistema hidráulico de hélices), y flóculos mediante mezclas lentas (turbulencia generada por paletas), a través de sistemas básicos hidráulicos y mecánicos, durante la mezcla de productos químicos con el agua a tratar. En el caso de utilizar agitación mecánica, es importante disponer de un variador de velocidad en el proceso de floculación con el fin de ajustar la velocidad según el tipo de flóculo formado.

**P 5: Caso 5 - 5:13 [Se requiere del mezclado para ..] (44:44) (Super)**

Códigos: [Categoría 6 - Familia: Survey Items]

No memos

Se requiere del mezclado para destruir la estabilidad del sistema coloidal. Para que las partículas se aglomeren deben chocar, y el mezclado promueve la colisión. Casi siempre es necesaria energía adicional de mezclado. Un mezclado de gran intensidad que distribuya al coagulante y promueva colisiones rápidas es lo más efectivo.

5 Citas encontradas por consulta:

**"Categoría 7"**

---

**P 1: Caso 1 - 1:15 [Toma importancia dado que debe..] (90:91) (Super)**

Códigos: [Categoría 7 - Familia: Survey Items]

No memos

Toma importancia dado que debe asegurar el ajuste de los dosificadores que debe estar en función del flujo del efluente, esta tarea debe ser permanente.

Otro aspecto importante es el monitoreo del sistema de alimentación del coagulante y floculante para detectar obstrucciones en las líneas, asimismo se debe realizar el mantenimiento de los mezcladores y las pozas de mezcla y sedimentación, estas tareas son una necesidad muy estrecha que ha de considerarse en la supervisión para asegurar la finalidad del tratamiento del efluente.

**P 2: Caso 2 - 2:15 [La importancia de una operaci..] (92:92) (Super)**

Códigos: [Categoría 7 - Familia: Survey Items]

No memos

La importancia de una operación correcta es la dosificación necesaria, por ello es primordial verificar constantemente y asegurar el ajuste de los dosificadores considerando siempre el flujo del efluente. Asimismo, durante la operación debemos realizar el monitoreo del sistema de alimentación del coagulante y floculante para detectar obstrucciones en las líneas, con la finalidad de realizar el mantenimiento oportuno de los mezcladores, las pozas de mezcla y pozas de sedimentación, las acciones antes señaladas aseguran el correcto funcionamiento del sistema y asegura el tratamiento óptimo del efluente.

**P 3: Caso 3 - 3:15 [La importancia del mantenimien..] (84:85) (Super)**

Códigos: [Categoría 7 - Familia: Survey Items]

No memos

La importancia del mantenimiento de cualquier planta de tratamiento físico – químico, se desarrolla de dos puntos de vista: primero una destinada a prever averías, efectuar revisiones y la segunda a prestar un servicio destinado a la conservación del rendimiento de la planta, en la cuales deben de tener un mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo.

Además, es importante asegurar el ajuste de los dosificadores que debe estar en función del flujo del efluente, esta tarea debe ser permanente. También el monitoreo del sistema de alimentación del coagulante y floculante para detectar obstrucciones en las líneas, asimismo se debe realizar el mantenimiento de los mezcladores y las pozas de mezcla y sedimentación, estas tareas en conjunta son de prioridad en estos tipos de tratamiento para conseguir un proceso adecuado en el tratamiento del efluente.

**P 4: Caso 4 - 4:15 [La operación y mantenimiento a..] (72:72) (Super)**

Códigos: [Categoría 7 - Familia: Survey Items]

No memos

La operación y mantenimiento adecuado de los sistemas de dosificación y alimentación de productos químicos es importante para el rendimiento general de la planta de

tratamiento en su fase de coagulación y floculación. Es así que entre los aspectos que se deben abordar en todos los sistemas de dosificación de sustancias químicas son: (i) mantenimiento adecuado. Esto incluiría un programa de mantenimiento preventivo (MP), repuestos y presupuesto para reparaciones, (ii) reemplazo o unidades alternas para procesos importantes como la coagulación y desinfección, (iii) condición física de los edificios y ambientes que albergan equipos de dosificación, (iv) almacenamiento de sustancias químicas. Las sustancias químicas incompatibles no se deben almacenar en la misma área, (v) programa de información sobre manejo de sustancias químicas peligrosas, (vi) identificación de derrames de sustancias químicas y ubicación de drenajes adecuados en las áreas donde se manejan sustancias químicas, (vii) seguridad con respecto al manejo y dosificación de sustancias químicas, disponibilidad y uso apropiado de equipos de seguridad, como antiparras protectoras y equipos de protección respiratoria, y (viii) calibración periódica de los sistemas de dosificación de sustancias químicas.

**P 5: Caso 5 - 5:15 [Es importante ya que garantiza..] (50:50) (Super)**

Códigos: [Categoría 7 - Familia: Survey Items]

No memos

Es importante ya que garantizar un perfecto funcionamiento en todos los equipos involucrados en el proceso de tratamiento de efluentes.

**ANEXO G: ENTREVISTAS A NIVEL  
SUBCATEGORIA**

## **Categoría C1: Características de las partículas**

### **9 Citas encontradas por consulta:**

#### **"SC1C1 Definición de las propiedades eléctricas de las partículas"**

##### **P 1: Case 1 - 1:12 [la carga eléctrica superficial..] (8:9) (Super)**

Codes: [SC1C1 Definición de las propiedades eléctricas de las partículas - Family: C1 Características de las partículas]

No memos

la carga eléctrica superficial de las partículas, a fin de conocer cómo ha de neutralizarse las mismas a fin de conseguir su desestabilización y posterior remoción.

Por otro lado, las partículas coloidales presentan una doble capa eléctrica, estas partículas coloidales poseen normalmente una carga eléctrica negativa situado sobre su superficie, estas cargas llamadas cargas primarias, atraen los iones positivos del efluente, por tanto, presenta características de adherencia, los cuales se adhieren fuertemente a las partículas y atraen a su alrededor iones negativos acompañados de una débil cantidad de iones positivos

##### **P 1: Case 1 - 1:13 [hay un gradiente o potencial e..] (10:10) (Super)**

Codes: [SC1C1 Definición de las propiedades eléctricas de las partículas - Family: C1 Características de las partículas]

No memos

hay un gradiente o potencial electrostático entre la superficie de la partícula y el efluente, llamado Potencial Zeta, el cual es una medida utilizada frecuentemente en la química coloidal. Esta nos indica el potencial necesario para poder penetrar la capa iónica que se encuentra alrededor de una partícula, con la finalidad de desestabilizar a esta.

##### **P 2: Case 2 - 2:12 [la carga eléctrica superficial..] (8:8) (Super)**

Codes: [SC1C1 Definición de las propiedades eléctricas de las partículas - Family: C1 Características de las partículas]

No memos

la carga eléctrica superficial de la partícula, con la finalidad de neutralizar, conseguir su desestabilización y posterior remoción

##### **P 2: Case 2 - 2:13 [doble capa eléctrica, encontra..] (9:9) (Super)**

Codes: [SC1C1 Definición de las propiedades eléctricas de las partículas - Family: C1 Características de las partículas]

No memos

doble capa eléctrica, encontrando normalmente una carga eléctrica negativa situado sobre su superficie llamadas cargas primarias, esta carga atraen los iones positivos del efluente, este último se considera como características de Adherencia

##### **P 2: Case 2 - 2:14 [existe una gradiente o potenci..] (9:9) (Super)**

Codes: [SC1C1 Definición de las propiedades eléctricas de las partículas - Family: C1 Características de las partículas]

No memos

existe una gradiente o potencial electrostático entre la superficie de la partícula y el efluente llamado Potencial Zeta

##### **P 3: Case 3 - 3:12 [carga eléctrica superficial, p..] (8:8) (Super)**

Codes: [SC1C1 Definición de las propiedades eléctricas de las partículas - Family: C1 Características de las partículas]

No memos

carga eléctrica superficial, para saber cómo ha de neutralizarse las mismas a fin de conseguir su desestabilización y posterior remoción, las partículas presentan una doble capa eléctrica, estas partículas coloidales poseen normalmente una carga eléctrica negativa situado sobre su superficie, estas cargas llamadas cargas primarias, atraen los iones positivos del efluente, por tanto, presenta características de adherencia, y/o Adsorción por lo que tiene una relación área/masa muy grande, con gran capacidad de adsorción (acumulación de una sustancia en una cierta superficie interfacial que forma una película líquida o gaseosa en la superficie de un cuerpo) esto se da mediante la fuerzas de Van der Waals y enlaces interatómicos

**P 3: Case 3 - 3:13 [hay un gradiente o potencial e.] (9:9) (Super)**

Codes: [SC1C1 Definición de las propiedades eléctricas de las partículas - Family: C1 Características de las partículas]

No memos

hay un gradiente o potencial electrostático entre la superficie de la partícula y el efluente, llamado Potencial Zeta

**P 4: Case 4 - 4:12 [la carga eléctrica superficial..] (8:8) (Super)**

Codes: [SC1C1 Definición de las propiedades eléctricas de las partículas - Family: C1 Características de las partículas]

No memos

la carga eléctrica superficial -ya que presenta doble capa eléctrica del mismo signo que hace que existan fuerzas de repulsión entre ellas y les impide aglomerarse para sedimentar-, y el potencial Zeta

**P 5: Case 5 - 5:12 [el tamaño de las partículas, l..] (8:8) (Super)**

Codes: [SC1C1 Definición de las propiedades eléctricas de las partículas - Family: C1 Características de las partículas]

No memos

el tamaño de las partículas, la afinidad, carga Eléctrica y doble capa, y los factores de estabilidad e inestabilidad, nos permiten conocer cómo ha de tratarse la misma para conseguir su desestabilización de las partículas para su posterior remoción



## **Categoría C2: Teoría de la Coagulación**

### **9 Citas encontradas por consulta:**

#### **"SC1C2 Definición de la física de la coagulación"**

##### **P 1: Case 1 - 1:14 [En el aspecto físico debemos m..] (17:17) (Super)**

Codes: [SC1C2 Definición de la física de la coagulación - Family: C2 Teoría de la Coagulación]

No memos

En el aspecto físico debemos mencionar que existen los siguientes mecanismos para la desestabilización de las partículas coloidales, compresión de la doble capa eléctrica

##### **P 1: Case 1 - 1:15 [en segundo lugar tenemos la ad..] (17:17) (Super)**

Codes: [SC1C2 Definición de la física de la coagulación - Family: C2 Teoría de la Coagulación]

No memos

en segundo lugar tenemos la adsorción y neutralización de cargas la cual está referida a la anulación del potencial existente entre las partículas, obtenido por adición de productos de coagulación que busca la desestabilizan las partículas mediante la neutralización de la carga; en tercer lugar está la adsorción y puente entre partículas, debemos indicar que consiste en el atrapamiento de las partículas desestabilizadas en un floc y por ultimo está referida al atrapamiento de partículas en un precipitado

##### **P 2: Case 2 - 2:16 [compresión de la doble capa el.] (16:16) (Super)**

Codes: [SC1C2 Definición de la física de la coagulación - Family: C2 Teoría de la Coagulación]

No memos

compresión de la doble capa eléctrica

##### **P 2: Case 2 - 2:17 [adsorción y neutralización de ..] (16:16) (Super)**

Codes: [SC1C2 Definición de la física de la coagulación - Family: C2 Teoría de la Coagulación]

No memos

adsorción y neutralización de cargas, la cual está referida a la anulación del potencial existente entre las partículas, se obtienen adicionando cationes de mayor valencia que se adsorben sobre la superficie de las partículas y reduce el potencial del coloide

##### **P 2: Case 2 - 2:18 [adsorción y puente entre partí..] (16:16) (Super)**

Codes: [SC1C2 Definición de la física de la coagulación - Family: C2 Teoría de la Coagulación]

No memos

adsorción y puente entre partículas, consiste en la aglomeración de partículas desestabilizadas a través de los puentes proporcionados por la floculación (moléculas de polímero), dando lugar al floc

##### **P 2: Case 2 - 2:19 [atrapamiento de partículas en ..] (16:16) (Super)**

Codes: [SC1C2 Definición de la física de la coagulación - Family: C2 Teoría de la Coagulación]

No memos

atrapamiento de partículas en un precipitado, las partículas desestabilizadas son atrapadas en un floc

**P 3: Case 3 - 3:14 [compresión de la doble capa el..] (15:15) (Super)**

Codes: [SC1C2 Definición de la física de la coagulación - Family: C2 Teoría de la Coagulación]

No memos

compresión de la doble capa eléctrica, el cual hay haber un aumento de la concentración del electrolito, incorpora este iones de signo contrario a la capa difusa, comprimiéndola, disminuyendo las fuerzas repulsivas y con ello el potencial zeta, en segundo lugar tenemos la adsorción y neutralización de cargas la cual está referida a la anulación del potencial existente entre las partículas, obtenido por adición de productos de coagulación que busca la desestabilizan las partículas mediante la neutralización de la carga; en tercer lugar está la adsorción y puente entre partículas, debemos indicar que consiste en el atrapamiento de las partículas desestabilizadas en un floc, mediante las adición de moléculas de polímero las cuales forman el denominado “puente” entre las partículas coloidales y por ultimo está referida al atrapamiento de partículas en un precipitado; al respecto se indica que la molécula de polímero puede absorber una partícula coloidal en una de sus extremidades, mientras que los otros sitios son libres para absorber otras partículas

**P 4: Case 4 - 4:13 [compresión (incremento de ione..)] (12:12) (Super)**

Codes: [SC1C2 Definición de la física de la coagulación - Family: C2 Teoría de la Coagulación]

No memos

compresión (incremento de iones de carga opuesta con adición de electrolitos o coagulantes), neutralización (el electrolito libera iones positivos con la suficiente densidad de carga para atraer a las partículas coloidales y neutralizar su carga), puente entre partículas (atrapamiento de las partículas desestabilizadas en un floculante) e inmersión en un precipitado o flóculo de barrido (las partículas coloidales sirven como núcleo de precipitación quedando inmersas dentro del precipitado)

**P 5: Case 5 - 5:13 [eliminan las dobles capas eléc..] (11:11) (Super)**

Codes: [SC1C2 Definición de la física de la coagulación - Family: C2 Teoría de la Coagulación]

No memos

eliminan las dobles capas eléctricas que rodean a todas las partículas coloidales llevando a la desestabilización de un coloide, con la formación de núcleos microscópicos, así estos se aglomeran.

#### **4 Citas encontradas por consulta:**

##### **"SC2C2 Definición de la química de la coagulación"**

###### **P 1: Case 1 - 1:16 [la parte química está referida..] (18:18) (Super)**

Codes: [SC2C2 Definición de la química de la coagulación - Family: C2 Teoría de la Coagulación]

No memos

la parte química está referida al pH es muy importante a tener en cuenta en la coagulación, porque cada efluente existe tiene un rango de pH óptimo para la cual la coagulación tiene lugar rápidamente, ello depende de la naturaleza de los iones y de la alcalinidad del efluente, y la dosis optima deberá ser determinado por medio de la prueba de jarras y será la cantidad de coagulante a aplicar

###### **P 2: Case 2 - 2:20 [Respecto al aspecto químico, e..] (17:17) (Super)**

Codes: [SC2C2 Definición de la química de la coagulación - Family: C2 Teoría de la Coagulación]

No memos

Respecto al aspecto químico, está referida al pH el cual se considera la variable más importante a tener en cuenta al momento de la coagulación, debido a que los tipos de coagulantes son óptimos y eficiente en rangos definidos

###### **P 3: Case 3 - 3:15 [la parte química está referida..] (16:16) (Super)**

Codes: [SC2C2 Definición de la química de la coagulación - Family: C2 Teoría de la Coagulación]

No memos

la parte química está referida al pH es muy importante a tener en cuenta en la coagulación, porque cada efluente existe tiene un rango de pH óptimo para la cual la coagulación tiene lugar rápidamente, ello depende de la naturaleza de los iones y de la alcalinidad del efluente, y la dosis optima deberá ser determinado por medio de la prueba de jarras y de acuerdo a esto de determinar la dosis adecuada de coagulante que se necesitará en el laboratorio

###### **P 4: Case 4 - 4:14 [la parte química se debe tener..] (13:13) (Super)**

Codes: [SC2C2 Definición de la química de la coagulación - Family: C2 Teoría de la Coagulación]

No memos

la parte química se debe tener en cuenta el potencial de hidrógeno (pH) el cual es un factor crítico en el proceso de coagulación, ya que siempre existe un rango en el que el coagulante específico trabaja mejor, y que coincide con el mínimo de solubilidad de los iones del coagulante utilizado.

### **Categoría C3: Practica de la Coagulación**

#### **10 Citas encontradas por consulta:**

#### **"SC1C3 Definición de la selección del coagulante y su dosis"**

##### **P 1: Case 1 - 1:17 [La selección del coagulante es..] (22:22) (Super)**

Codes: [SC1C3 Definición de la selección del coagulante y su dosis - Family: C3 Practica de Coagulación]

No memos

La selección del coagulante es muy importante, toda vez que algunos tienen un mayor espectro de respuesta y siendo los más utilizados las sales de Aluminio y de Hierro

##### **P 1: Case 1 - 1:18 [es importante también consider..] (22:22) (Super)**

Codes: [SC1C3 Definición de la selección del coagulante y su dosis - Family: C3 Practica de Coagulación]

No memos

es importante también considerar la dosis del coagulante a utilizar, dado que esta influye directamente en la eficiencia de la coagulación, es decir la poca cantidad del coagulante, no neutraliza totalmente la carga de la partícula, la formación de los microfloculos es muy escaso, por lo tanto la turbiedad residual es elevada y la alta cantidad de coagulante produce la inversión de la carga de la partícula, conduce a la formación de gran cantidad de microfloculos con tamaños muy pequeños cuyas velocidades de sedimentación son muy bajas, por lo tanto la turbiedad residual es igualmente elevada

##### **P 2: Case 2 - 2:21 [tipo de coagulante a dosificar..] (21:21) (Super)**

Codes: [SC1C3 Definición de la selección del coagulante y su dosis - Family: C3 Practica de Coagulación]

No memos

tipo de coagulante a dosificar en el efluente a tratar es esencial, toda vez que, esto determinará qué elementos se retirará del efluente. Los coagulantes metálicos más efectivos en intervalos de pH de un mayor rango son las sales de Aluminio y de Hierro

##### **P 2: Case 2 - 2:22 [a dosis optima del coagulante ..] (22:22) (Super)**

Codes: [SC1C3 Definición de la selección del coagulante y su dosis - Family: C3 Practica de Coagulación]

No memos

a dosis optima del coagulante a utilizar, dado que esta influye directamente en la eficiencia de la coagulación, es decir la poca cantidad del coagulante, no neutraliza totalmente la carga de la partícula, la formación de los microfloculos es muy escaso, por lo tanto la turbiedad residual es elevada, mientras que la alta cantidad de coagulante produce la inversión de la carga de la partícula, conduce a la formación de gran cantidad de microfloculos con tamaños muy pequeños cuyas velocidades de sedimentación son muy bajas

##### **P 3: Case 3 - 3:16 [La selección del coagulante es..] (20:20) (Super)**

Codes: [SC1C3 Definición de la selección del coagulante y su dosis - Family: C3 Practica de Coagulación]

No memos

La selección del coagulante es muy importante, toda vez que algunos tienen una mayor respuesta que otros, siendo los más utilizados las sales de Aluminio y de Hierro; cuando estas se adicionan al efluente se producen una serie de reacciones muy complejas donde los productos de hidrólisis son más eficaces que los iones mismos

**P 3: Case 3 - 3:17 [es importante también consider..] (20:20) (Super)**

Codes: [SC1C3 Definición de la selección del coagulante y su dosis - Family: C3 Practica de Coagulación]

No memos

es importante también considerar la dosis del coagulante a utilizar, dado que esta influye directamente en la eficiencia de la coagulación, es decir la poca cantidad del coagulante, no neutraliza totalmente la carga de la partícula, la formación de los microfloculos es muy escaso, por lo tanto la turbiedad residual es elevada y la alta cantidad de coagulante produce la inversión de la carga de la partícula, conduce a la formación de gran cantidad de microfloculos con tamaños muy pequeños cuyas velocidades de sedimentación son muy bajas, por lo tanto la turbiedad residual es igualmente elevada.

**P 4: Case 4 - 4:15 [Es importante determinar el ti..] (17:17) (Super)**

Codes: [SC1C3 Definición de la selección del coagulante y su dosis - Family: C3 Practica de Coagulación]

No memos

Es importante determinar el tipo y cantidad de coagulante (producto químico) a utilizar para el tratamiento de efluentes, teniendo en consideración las características del efluente a tratar (nivel de alcalinidad), ya que los productos químicos utilizados (sales de aluminio y de hierro) reaccionan químicamente con los componentes químicos del agua; y, así como desequilibran a las partículas coloidales provocando su separación

**P 4: Case 4 - 4:16 [La selección del tipo y cantidad..] (18:18) (Super)**

Codes: [SC1C3 Definición de la selección del coagulante y su dosis - Family: C3 Practica de Coagulación]

No memos

La selección del tipo y cantidad óptima del coagulante a utilizar, se determina mediante ensayos de pruebas de jarra o test de jarra en laboratorio

**P 5: Case 5 - 5:14 [La selección del coagulante no..] (14:14) (Super)**

Codes: [SC1C3 Definición de la selección del coagulante y su dosis - Family: C3 Practica de Coagulación]

No memos

La selección del coagulante nos ayuda a definir a que los parámetros físico-químicos establecidos por la ley (Turbidez, pH) se cumplan y a la vez debe considerarse la disponibilidad en el mercado, su fácil dosificación, precibilidad, el almacenamiento, transporte y manejo

**P 5: Case 5 - 5:15 [En cuanto a la dosis optima, e..] (16:16) (Super)**

Codes: [SC1C3 Definición de la selección del coagulante y su dosis - Family: C3 Practica de Coagulación]

No memos

En cuanto a la dosis optima, es aquella que produzca un pH dentro de un intervalo admisible y produzca una menor turbiedad final.

## **Categoría C4: Teoría de la Floculación**

### **6 Citas encontradas por consulta:**

#### **"SC1C4 Definición de la dinámica de la floculación"**

##### **P 1: Case 1 - 1:19 [Este proceso se puede dar de d..] (28:28) (Super)**

Codes: [SC1C4 Definición de la dinámica de la floculación - Family: C4 Teoría de la Floculación]

No memos

Este proceso se puede dar de dos maneras, la primera llamada también floculación pericinetica, la cual es producido por el movimiento natural de las moléculas del efluente y esta inducida por la energía térmica, este movimiento es también conocido como el movimiento browniano y en segundo lugar está la floculación ortocinetica el cual consiste en las colisiones de las partículas debido al movimiento del efluente, el que es inducido por una energía exterior a la masa de efluente y que puede ser de origen mecánico o hidráulico.

##### **P 1: Case 1 - 1:20 [las partículas de flóculo son ..] (30:30) (Super)**

Codes: [SC1C4 Definición de la dinámica de la floculación - Family: C4 Teoría de la Floculación]

No memos

las partículas de flóculo son de diferente tamaño, se sedimentan a diferentes velocidades, estas diferencias hacen que las partículas colisionen y floculen.

##### **P 2: Case 2 - 2:23 [La floculación se puede dar de..] (28:28) (Super)**

Codes: [SC1C4 Definición de la dinámica de la floculación - Family: C4 Teoría de la Floculación]

No memos

La floculación se puede dar de dos maneras, la primera llamada también floculación pericinetica, la cual es producido por el movimiento natural de las moléculas del efluente y esta inducida por la energía térmica, este movimiento es también conocido como el movimiento browniano y en segundo lugar está la floculación ortocinetica, el cual consiste en las colisiones de las partículas debido al movimiento del efluente, el que es inducido por una energía exterior a la masa de efluente y que puede ser de origen mecánico o hidráulico.

##### **P 3: Case 3 - 3:18 [floculación pericinetica, la c..] (26:26) (Super)**

Codes: [SC1C4 Definición de la dinámica de la floculación - Family: C4 Teoría de la Floculación]

No memos

floculación pericinetica, la cual es producido por el movimiento natural de las moléculas del efluente y esta inducida por la energía térmica, este movimiento es también conocido como el movimiento browniano y en segundo lugar está la floculación ortocinetica el cual consiste en las colisiones de las partículas debido al movimiento del efluente, el que es inducido por una energía exterior a la masa de efluente y que puede ser de origen mecánico o hidráulico.

##### **P 4: Case 4 - 4:17 [Es así que la colisión de part..] (23:23) (Super)**

Codes: [SC1C4 Definición de la dinámica de la floculación - Family: C4 Teoría de la Floculación]

No memos

Es así que la colisión de partículas toma importancia porque permite que tan pronto se

agregue el coagulante al efluente, se inicien reacciones hidrolíticas que adhieren iones a la superficie de las partículas presentes en la suspensión, las cuales tienen la oportunidad de unirse por sucesivas colisiones (floculación pericinética o movimiento browniano y floculación ortocinética o turbulencia del líquido) hasta formar flóculos que crecen con el tiempo.

**P 5: Case 5 - 5:16 [aglomeración de partículas des..] (20:20) (Super)**

Codes: [SC1C4 Definición de la dinámica de la floculación - Family: C4 Teoría de la Floculación]

No memos

aglomeración de partículas desestabilizadas forme microflóculos, y luego pasen a aglomerados más voluminosos llamados flóculos

## **Categoría C5: Teoría de Mezcla**

### **8 Citas encontradas por consulta:**

#### **"SC1C5 Definición de la gradiente y velocidad"**

##### **P 1: Case 1 - 1:21 [La floculación requiere un gra..] (36:36) (Super)**

Codes: [SC1C5 Definición de la gradiente y velocidad - Family: C5 Teoría de mezcla]

No memos

La floculación requiere un gradiente de alta velocidad lo suficientemente para causar partículas de contacto y para evitar que los flóculos se asienten, pero lo suficientemente bajos para evitar que los flóculos se rompan.

##### **P 1: Case 1 - 1:22 [Según los estudios realizados ..] (37:37) (Super)**

Codes: [SC1C5 Definición de la gradiente y velocidad - Family: C5 Teoría de mezcla]

No memos

Según los estudios realizados se ha determinado que el rango óptimo de gradientes de velocidad para floculación varía entre 20 y 75 s<sup>-1</sup> y el de tiempos de retención entre 10 y 30 min, dependiendo de la calidad del efluente.

##### **P 2: Case 2 - 2:24 [La floculación requiere un gra..] (36:36) (Super)**

Codes: [SC1C5 Definición de la gradiente y velocidad - Family: C5 Teoría de mezcla]

No memos

La floculación requiere un gradiente de alta velocidad lo suficientemente para causar partículas de contacto y para evitar que los flóculos se asienten, pero lo suficientemente bajos para evitar que los flóculos se rompan.

##### **P 2: Case 2 - 2:25 [rangos óptimos de gradientes d..] (37:37) (Super)**

Codes: [SC1C5 Definición de la gradiente y velocidad - Family: C5 Teoría de mezcla]

No memos

rangos óptimos de gradientes de velocidad para floculación, que varía entre 20 y 75 s<sup>-1</sup> y el de tiempos de retención entre 10 y 30 min.

##### **P 3: Case 3 - 3:19 [La floculación requiere un gra..] (33:33) (Super)**

Codes: [SC1C5 Definición de la gradiente y velocidad - Family: C5 Teoría de mezcla]

No memos

La floculación requiere un gradiente de alta velocidad lo suficientemente para causar partículas de contacto y para evitar que los flóculos se asienten, pero lo suficientemente bajos para evitar que los flóculos se rompan.

##### **P 3: Case 3 - 3:20 [el rango óptimo de gradientes ..] (34:34) (Super)**

Codes: [SC1C5 Definición de la gradiente y velocidad - Family: C5 Teoría de mezcla]

No memos

el rango óptimo de gradientes de velocidad para floculación varía entre 20 y 75 s<sup>-1</sup> y el de tiempos de retención entre 10 y 30 min, dependiendo de la calidad del efluente



**P 4: Case 4 - 4:18 [el tiempo de coagulación es mu..] (28:28) (Super)**

Codes: [SC1C5 Definición de la gradiente y velocidad - Family: C5 Teoría de mezcla]

No memos

el tiempo de coagulación es muy corto. Asimismo, al ser la colisión de partículas el responsable de su aglomeración en la floculación, se precisa establecer gradientes hidráulicos recurriendo a la mezcla y agitación.

**P 5: Case 5 - 5:17 [la colisión entre ellas permit..] (23:23) (Super)**

Codes: [SC1C5 Definición de la gradiente y velocidad - Family: C5 Teoría de mezcla]

No memos

la colisión entre ellas permite el crecimiento de los microflóculos, que apenas son visibles a simple vista, hasta formas mayores flóculos

## **Categoría C6: Practica de Mezcla**

### **14 Citas encontradas por consulta:**

#### **"SC1C6 Definición de los criterios de inyección y mezcla"**

##### **P 1: Case 1 - 1:23 [la inyección del coagulante en..] (42:42) (Super)**

Codes: [SC1C6 Definición de los criterios de inyección y mezcla - Family: C6 Practica de Mezcla]

No memos

la inyección del coagulante en el efluente y la dispersión del coagulante en el efluente llamada también mezcla instantánea o mezcla rápida, el criterio para ello debe estar basado en la efectividad, confiabilidad, requisitos de mantenimiento y costo; asegurando que la adición del coagulante al efluente sea constante y uniforme de modo tal que el coagulante sea dispersado y mezclado con el efluente

##### **P 1: Case 1 - 1:24 [Con respecto a la floculación ..] (43:43) (Super)**

Codes: [SC1C6 Definición de los criterios de inyección y mezcla - Family: C6 Practica de Mezcla]

No memos

Con respecto a la floculación es poner a las partículas en contacto para que colisionen, permanezcan juntos y crezcan a un tamaño suficiente que lo haga fácilmente sedimentar o permitan su filtración, debe asegurarse la suficiente mezcla de tal modo que se asegure el contacto de los flóculos a fin de lograr su sedimentación, algunos autores recomiendan un tiempo mínimo de detención para la floculación de treinta (30) minutos

##### **P 1: Case 1 - 1:25 [La velocidad de flujo de la po..] (45:45) (Super)**

Codes: [SC1C6 Definición de los criterios de inyección y mezcla - Family: C6 Practica de Mezcla]

No memos

La velocidad de flujo de la poza de floculación a la poza de decantación debe ser lo suficientemente baja para evitar el corte y la ruptura del floc, pero lo suficientemente alto como para mantener el floc en suspensión

##### **P 2: Case 2 - 2:26 [la inyección del coagulante en..] (42:42) (Super)**

Codes: [SC1C6 Definición de los criterios de inyección y mezcla - Family: C6 Practica de Mezcla]

No memos

la inyección del coagulante en el efluente y la dispersión del mismo en el efluente llamada durante transcurrido la etapa de mezcla rápida o mezcla instantánea, los criterios a considera están basados en la efectividad, confiabilidad, requisitos de mantenimiento y costo; asegurando que la adición del coagulante al efluente sea constante y uniforme de modo tal que el coagulante sea dispersado y mezclado de manera completa con el efluente

##### **P 2: Case 2 - 2:27 [Existen muchos métodos de mezc..] (43:43) (Super)**

Codes: [SC1C6 Definición de los criterios de inyección y mezcla - Family: C6 Practica de Mezcla]

No memos

Existen muchos métodos de mezcla, entre ellos la mezcla mecánica en línea (conocida como la licuadora en línea), la mezcla estática en línea (consiste en un tubo con línea helicoidal donde las paletas aseguran una mayor turbulencia), asimismo la mezcla mecánica en tanque agitados, este tipo de método es usado cuando el efluente presenta

baja turbiedad y la presencia de partículas es pequeña.

**P 2: Case 2 - 2:28 [La poza de floculación debe al..] (45:45) (Super)**

Codes: [SC1C6 Definición de los criterios de inyección y mezcla - Family: C6 Practica de Mezcla]

No memos

La poza de floculación debe al menos contar con compartimientos de modo tal que la velocidad de gradiente disminuya también, según Glumrb (2003) recomienda que el flujo a través de velocidades no sea menor de 0.15 m/s ni mayor de 0.45 m/s.

**P 3: Case 3 - 3:21 [la inyección del coagulante en..] (39:39) (Super)**

Codes: [SC1C6 Definición de los criterios de inyección y mezcla - Family: C6 Practica de Mezcla]

No memos

la inyección del coagulante en el efluente y la dispersión del coagulante en el efluente llamada también mezcla instantánea o mezcla rápida, el criterio para ello debe estar basado en la efectividad, confiabilidad, requisitos de mantenimiento y costo; asegurando que la adición del coagulante al efluente sea constante y uniforme de modo tal que el coagulante sea dispersado y mezclado con el efluente

**P 3: Case 3 - 3:22 [métodos de mezcla entre ellos ..] (39:39) (Super)**

Codes: [SC1C6 Definición de los criterios de inyección y mezcla - Family: C6 Practica de Mezcla]

No memos

métodos de mezcla entre ellos la mezcla mecánica en línea (conocida como la licuadora en línea), la mezcla estática en línea (consiste en un tubo con línea helicoidal donde las paletas aseguran una mayor turbulencia),

**P 3: Case 3 - 3:23 [la mezcla mecánica en tanque a..] (39:39) (Super)**

Codes: [SC1C6 Definición de los criterios de inyección y mezcla - Family: C6 Practica de Mezcla]

No memos

la mezcla mecánica en tanque agitados, este tipo de método es usado cuando el coagulante presenta baja turbiedad y la presencia de partículas es pequeña

**P 3: Case 3 - 3:24 [La poza de floculación debe al..] (41:41) (Super)**

Codes: [SC1C6 Definición de los criterios de inyección y mezcla - Family: C6 Practica de Mezcla]

No memos

La poza de floculación debe al menos contar con tres compartimientos de modo tal que la velocidad de gradiente disminuya también, ya que lo recomendable es que el flujo a través de velocidades no sea menor de 0.15 m / s ni mayor de 0.45 m / s.

**P 4: Case 4 - 4:19 [Las dosis se suelen expresar e..] (34:34) (Super)**

Codes: [SC1C6 Definición de los criterios de inyección y mezcla - Family: C6 Practica de Mezcla]

No memos

Las dosis se suelen expresar en miligramos de producto por litro de agua a tratar, y se utiliza la dosis que optimice los productos y reduzca al mínimo los costes. La dosis óptima se determina mediante ensayos denominados “pruebas de jarras”, que consiste en preparar

una serie de coagulaciones y floculaciones con diferentes dosis de productos. Los resultados se pueden expresar gráficamente y de ellos se obtienen las condiciones óptimas de operación

**P 4: Case 4 - 4:20 [es necesario disponer de siste..] (35:35) (Super)**

Codes: [SC1C6 Definición de los criterios de inyección y mezcla - Family: C6 Practica de Mezcla]

No memos

es necesario disponer de sistemas mecánicos adecuados, los cuales se diferencian en dos tipos de dosificación: por vía seca (es una tolva que puede ir complementada con un sistema volumétrico o gravimétrico) y por vía húmeda.

**P 4: Case 4 - 4:21 [Ahora bien, la realización de ..] (36:36) (Super)**

Codes: [SC1C6 Definición de los criterios de inyección y mezcla - Family: C6 Practica de Mezcla]

No memos

Ahora bien, la realización de la mezcla precisa favorecer la formación de coágulos mediante mezclas rápidas (se aprovecha la turbulencia generada por un sistema hidráulico de hélices), y flóculos mediante mezclas lentas (turbulencia generada por paletas), a través de sistemas básicos hidráulicos y mecánicos, durante la mezcla de productos químicos con el agua a tratar

**P 5: Case 5 - 5:18 [Se requiere del mezclado para ..] (26:26) (Super)**

Codes: [SC1C6 Definición de los criterios de inyección y mezcla - Family: C6 Practica de Mezcla]

No memos

Se requiere del mezclado para destruir la estabilidad del sistema coloidal. Para que las partículas se aglomeren deben chocar, y el mezclado promueve la colisión. Casi siempre es necesaria energía adicional de mezclado. Un mezclado de gran intensidad que distribuya al coagulante y promueva colisiones rápidas es lo más efectivo.

## **Categoría C7: Operación y Mantenimiento**

### **6 Citas encontradas por consulta:**

#### **"SC1C7 Definición de los criterios de operación y mantenimiento"**

##### **P 1: Case 1 - 1:26 [monitoreo del sistema de alime..] (50:50) (Super)**

Codes: [SC1C7 Definición de los criterios de operación y mantenimiento - Family: C7 Operación y mantenimiento]

No memos

monitoreo del sistema de alimentación del coagulante y floculante para detectar obstrucciones en las líneas, asimismo se debe realizar el mantenimiento de los mezcladores y las pozas de mezcla y sedimentación, estas tareas son una necesidad muy estrecha que ha de considerarse en la supervisión para asegurar la finalidad del tratamiento del efluente

##### **P 2: Case 2 - 2:29 [es primordial verificar consta..] (50:50) (Super)**

Codes: [SC1C7 Definición de los criterios de operación y mantenimiento - Family: C7 Operación y mantenimiento]

No memos

es primordial verificar constantemente y asegurar el ajuste de los dosificadores considerando siempre el flujo del efluente. Asimismo, durante la operación debemos realizar el monitoreo del sistema de alimentación del coagulante y floculante para detectar obstrucciones en las líneas, con la finalidad de realizar el mantenimiento oportuno de los mezcladores, las pozas de mezcla y pozas de sedimentación, las acciones antes señaladas aseguran el correcto funcionamiento del sistema y asegura el tratamiento óptimo del efluente

##### **P 3: Case 3 - 3:25 [La importancia del mantenimien..] (46:46) (Super)**

Codes: [SC1C7 Definición de los criterios de operación y mantenimiento - Family: C7 Operación y mantenimiento]

No memos

La importancia del mantenimiento de cualquier planta de tratamiento físico – químico, se desarrolla de dos puntos de vista: primero una destinada a prever averías, efectuar revisiones y la segunda a prestar un servicio destinado a la conservación del rendimiento de la planta, en la cuales deben de tener un mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo.

##### **P 3: Case 3 - 3:26 [Además, es importante asegurar..] (47:47) (Super)**

Codes: [SC1C7 Definición de los criterios de operación y mantenimiento - Family: C7 Operación y mantenimiento]

No memos

Además, es importante asegurar el ajuste de los dosificadores que debe estar en función del flujo del efluente, esta tarea debe ser permanente. También el monitoreo del sistema de alimentación del coagulante y floculante para detectar obstrucciones en las líneas, asimismo se debe realizar el mantenimiento de los mezcladores y las pozas de mezcla y sedimentación, estas tareas en conjunta son de prioridad en estos tipos de tratamiento para conseguir un proceso adecuado en el tratamiento del efluente.

##### **P 4: Case 4 - 4:22 [(i) mantenimiento adecuado. Es..] (40:40) (Super)**

Codes: [SC1C7 Definición de los criterios de operación y mantenimiento - Family: C7 Operación y mantenimiento]

No memos

(i) mantenimiento adecuado. Esto incluiría un programa de mantenimiento preventivo (MP), repuestos y presupuesto para reparaciones, (ii) reemplazo o unidades alternas para procesos importantes como la coagulación y desinfección, (iii) condición física de los edificios y ambientes que albergan equipos de dosificación, (iv) almacenamiento de sustancias químicas. Las sustancias químicas incompatibles no se deben almacenar en la misma área, (v) programa de información sobre manejo de sustancias químicas peligrosas, (vi) identificación de derrames de sustancias químicas y ubicación de drenajes adecuados en las áreas donde se manejan sustancias químicas, (vii) seguridad con respecto al manejo y dosificación de sustancias químicas, disponibilidad y uso apropiado de equipos de seguridad, como antiparras protectoras y equipos de protección respiratoria, y (viii) calibración periódica de los sistemas de dosificación de sustancias químicas.

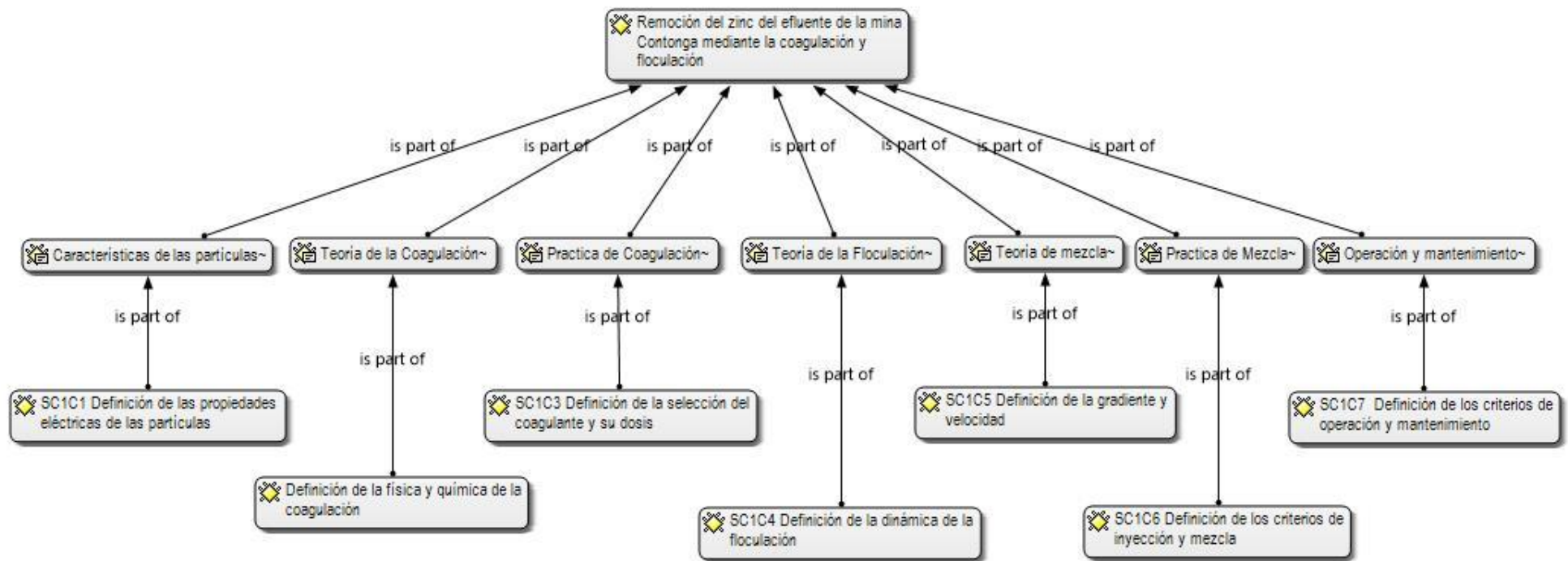
**P 5: Case 5 - 5:19 [Es importante ya que garantiza..] (29:29) (Super)**

Codes: [SC1C7 Definición de los criterios de operación y mantenimiento - Family: C7 Operación y mantenimiento]

No memos

Es importante ya que garantizar un perfecto funcionamiento en todos los equipos involucrados en el proceso de tratamiento de efluentes.

**ANEXO H: RED DE CATEGORIAS Y  
SUBCATEGORIAS**





**ANEXO I: DECLARACION DE AUTENTICIDAD Y  
AUTORIZACION DE CONSENTIMIENTO PARA  
REALIZAR LA TESIS**



## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y NO PLAGIO

### DECLARACIÓN DEL GRADUANDO

Por el presente, el graduando: *(Apellidos y nombres)*

Uriarte Ortiz, Alex Santiago

en condición de egresado del Programa de Posgrado:

Ecología y Gestión Ambiental

deja constancia que ha elaborado la de tesis titulada:

**Estudio caso:** Remoción del zinc del efluente de la mina Contonga mediante la coagulación y floculación


Declara que el presente trabajo de tesis ha sido elaborado por el mismo y no existe plagio/copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por cualquier persona natural o jurídica ante cualquier institución académica, de investigación, profesional o similar.

Declaro contar con la institución que autoriza el uso de los datos presentados y asimismo autoriza la mención de la misma en la investigación realizada, de no ser así me responsabilizo de las sanciones correspondientes civiles y penales de ser el caso.

Deja constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no ha asumido como suyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o de la Internet.

Asimismo, ratifica que es plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asume la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento y es consciente de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, el graduando se somete a lo dispuesto en las normas de la Universidad Ricardo Palma y los dispositivos legales vigentes.

  
Firma del graduando

05 de agosto de 2019  
Fecha

Contonga-Ancash, 30 de diciembre de 2014

Señor  
**Alex Santiago Uriarte Ortiz**

Asunto : Se otorga autorización para acceder a información general de la Mina Contonga en el marco de la investigación que viene realizando en referencia al efluente de mina.

Tengo el agrado de dirigirme a usted para saludarlo cordialmente y, a la vez, informarle que, el área de asuntos ambientales de la mina Contonga, ha tomado conocimiento de su solicitud de autorización respecto a acceder a información general referente al efluente de la mina Contonga, en el marco de la investigación que viene realizando para la presentación de su tesis para la obtención del grado de maestro en la Universidad Ricardo Palma.

Al respecto, a través de la presente se **OTORGA AUTORIZACIÓN** para acceder a la información general de la mina Contonga referida al efluente.

Sin otro particular,

Atentamente,

  
-----  
MAURICIO NAVARRO CHAVEZ  
INGENIERO DE ASUNTOS AMBIENTALES  
JEFE (e)  
NYRSTAR ANCASH S.A.

Nota: se adjunta CD ROOM con información general referida a la Mina Contonga.