

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Eficiencia del coagulante cactáceo *Opuntia floccosa*  
para la remoción de sílice del efluente de los residuos  
mineros de Pachacayo - Jauja, 2021**

Judith Pamela Curasi Mayor  
Lizbet Ingrid Tolentino Tueros

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniera Ambiental

Huancayo, 2021

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por permitirnos llegar a cumplir con nuestros objetivos, asimismo agradecer a nuestros docentes por habernos inculcado y orientado con sus enseñanzas en principal a nuestro asesor Mg. Ing. Steve Dann Camargo Hinostroza, también a los que forman parte de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Continental quienes fueron parte de este logro, que nos orientaron y nos dieron consejos para realizar el presente trabajo de investigación.

## **DEDICATORIA**

A nuestros padres y abuelos por ser ejemplo de constancia y valores, por brindarnos su apoyo en los momentos más difíciles de nuestra vida, quienes fueron parte de nuestra formación académica.

A Dios quien nos guía todos los días en nuestro camino de nuestras vidas, por habernos dado una gran familia muy comprensiva y luchadora, que han sido nuestra inspiración para lograr nuestros objetivos.

## ÍNDICE

|  |          |
|--|----------|
| Resumen .....  | x        |
| Abstract .....   | xi       |
| Introducción .....                                     | xii      |
| <b>CAPÍTULO I</b> .....                                | <b>1</b> |
| 1.1. Planteamiento y formulación del problema .....    | 1        |
| 1.1.1. Planteamiento del problema .....                | 1        |
| 1.1.2. Formulación del problema .....                  | 3        |
| 1.2. Objetivos .....                                   | 3        |
| 1.2.1. Objetivo General .....                          | 3        |
| 1.2.2. Objetivos específicos .....                     | 3        |
| 1.3. Justificación e importancia .....                 | 4        |
| 1.4. Hipótesis y operacionalización de variables ..... | 5        |
| 1.4.1. Hipótesis General .....                         | 5        |
| 1.4.2. Operacionalización de las variables .....       | 5        |
| <b>CAPÍTULO II</b> .....                               | <b>7</b> |
| 2.1. Antecedentes del problema .....                   | 7        |
| 2.1.1. Antecedentes Internacionales .....              | 7        |
| 2.1.2. Antecedentes Nacionales .....                   | 10       |
| 2.1.3. Antecedentes Regionales .....                   | 12       |
| 2.2. Bases teóricas .....                              | 14       |
| 2.2.1. Calidad de agua .....                           | 14       |
| 2.2.2. Contaminación de aguas .....                    | 14       |
| 2.2.3. Aguas residuales .....                          | 15       |

|   |    |
|---|----|
| 2.2.4. Sílice.....  | 16 |
| 2.2.5. Minería no metálica.....   | 17 |
| 2.2.6. Coagulante.....  | 18 |
| 2.2.7. Coagulación y Floculación.....                                   | 20 |
| 2.2.8. Coagulación.....   | 21 |
| 2.2.9. Floculación.....   | 24 |
| 2.2.10. Sedimentación.....  | 26 |
| 2.2.11. Estudio con la prueba de Jarra.....                             | 27 |
| 2.2.12. Obtención del coagulante cactáceo <i>Opuntia floccosa</i> ..... | 28 |
| 2.3. Definición de términos básicos.....                                | 29 |
| 2.3.1. pH.....  | 29 |
| 2.3.2. Sedimentación.....   | 29 |
| 2.3.3. Turbidez.....  | 29 |
| 2.3.4. Mezcla rápida.....   | 29 |
| 2.3.5. Mezcla lenta.....  | 29 |
| 2.3.6. Clarificación del agua.....                                      | 30 |
| 2.3.7. Agua contaminada.....  | 30 |
| 2.3.8. Coagulación.....   | 30 |
| 2.3.9. Floculación.....   | 30 |
| 2.3.10. Coagulante.....   | 30 |
| 2.3.11. Efluente.....   | 31 |
| 2.3.12. Muestra simple.....   | 31 |
| 2.3.13. Muestra compuesta.....  | 31 |
| CAPÍTULO III.....   | 32 |

|   |    |
|---|----|
| 3.1. Método y alcance de la investigación .....   | 32 |
| 3.1.1. Método .....   | 32 |
| 3.1.2. Tipo de la investigación .....   | 33 |
| 3.1.3. Nivel .....  | 33 |
| 3.2. Diseño de la Investigación.....  | 34 |
| 3.2.1. Diseño experimental.....   | 34 |
| 3.3. Población y muestra.....   | 35 |
| 3.3.1. Población.....   | 35 |
| 3.3.2. Muestra.....   | 35 |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....  | 36 |
| 3.4.1. Equipos, materiales y reactivos.....   | 36 |
| 3.4.2. Técnicas.....  | 37 |
| 3.4.3. Instrumentos .....   | 37 |
| 3.4.4. Técnicas de análisis y proceso de datos .....  | 37 |
| 3.4.5. Eficiencia del coagulante Cactáceo <i>Opuntia floccosa</i> para la remoción de sílice<br>..... | 38 |
| 3.5. Resultados del tratamiento y análisis de la información.....                                     | 46 |
| 3.5.1. Concentración de la sílice del efluente de la minera.....                                      | 46 |
| 3.5.2. Resultados de remoción de sílice .....   | 46 |
| 3.5.3. Cantidad del coagulante y tiempo de coagulación para la remoción de sílice ....                | 48 |
| 3.6. Prueba de hipótesis .....  | 51 |
| 3.6.1. Prueba de hipótesis general.....   | 51 |
| i. Hipótesis de investigación .....   | 51 |
| ii. Prueba de normalidad .....  | 51 |

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| i. Hipótesis de investigación ..... | 55 |
| ii. Prueba de normalidad .....      | 55 |
| Conclusión .....                    | 56 |
| Recomendaciones .....               | 57 |
| Referencias .....                   | 58 |
| Anexos .....                        | 63 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Fases de coagulación.....   | 24 |
| Figura 2. Floculación.....  | 25 |
| Figura 3. Punto de monitoreo de la muestra.....   | 39 |
| Figura 4. Extracción de muestras.....   | 39 |
| Figure 5. Etiquetado de muestras.....   | 40 |
| Figura 6. Conservación de muestra.....  | 40 |
| Figura 7. Proceso de la obtención del coagulante cactáceo <i>opuntia floccosa</i> .....   | 41 |
| Figura 8. Recolección de cactáceo <i>opuntia floccosa</i> .....   | 42 |
| Figura 9. Limpieza de espinas, eliminación de gloquidios y lavado del cactáceo.....   | 42 |
| Figure 10. Pelado de la medula y trozado del cactáceo.....  | 43 |
| Figure 11. Secado de cactus.....  | 43 |
| Figura 12. Molido y tamizado.....   | 44 |
| Figura 13. Molido y tamizado.....   | 44 |
| Figura 14. Grafica de la cantidad del coagulante en función a la concentración de sílice en un tiempo de coagulación de 2 y 4 min.....              | 48 |
| Figura 15. Representación de la cantidad de coagulante en función al porcentaje de remoción de sílice en un tiempo de coagulación de 2 y 4 min..... | 50 |
| Figure 16. Campana de Gauss para la hipótesis.....  | 52 |
| Figura 17. Comparación de concentraciones de la sílice en los tratamientos en un tiempo de coagulación de 2 minutos.....                            | 54 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1. Operacionalización de Variables .....  | 5  |
| Tabla 2 Análisis Químico proximal del coagulante del cactáceo <i>Opuntia floccosa</i> ..... | 28 |
| Tabla 3. Concentración de la Sílice .....   | 46 |
| Tabla 4: Concentración de sílice en un tiempo de coagulación de 2 min. ....                 | 46 |
| Tabla 5. Concentración de sílice en un tiempo de coagulación de 4 min.....                  | 47 |
| Tabla 6. Porcentaje de remoción de sílice en un tiempo de coagulación de 2 y 4 min. ....    | 49 |
| Tabla 7. Prueba de normalidad .....   | 51 |
| Tabla 8. Prueba de hipótesis de los tratamientos en un tiempo de coagulación de 2 min. .... | 52 |
| Tabla 9. Prueba de normalidad. ....   | 55 |
| Tabla 10. Rangos en prueba de Kruskal - Wallis. ....  | 56 |
| Tabla 11. Estadístico de contraste .....  | 57 |

## RESUMEN

El agua es muy importante para la vida de los seres humanos y los seres vivos, por ello, en el presente trabajo de investigación, se utilizaron coagulantes naturales para disminuir el nivel de contaminación y poder mejorar la calidad del agua. Por tal motivo, el objetivo es determinar la eficiencia del cactáceo "*Opuntia floccosa*", para la remoción de sílice del efluente de los residuos mineros de Pachacayo. Para el proceso de la obtención del coagulante se utilizó la siguiente metodología: recolección, limpieza, pelado, trozado, secado, molido y tamizado. Asimismo, se desarrolló la metodología experimental, mediante la prueba de jarras, para poder determinar el tiempo de coagulación y la dosis adecuada del coagulante. Las muestras fueron tomadas del efluente de la Minera no Metálica SICSA, se tomaron datos y se realizaron 6 tratamientos con tres repeticiones donde se emplearon diferentes cantidades de dosis a las muestras (0 g/L, 1 g/L, 2 g/L, 3 g/L, 4 g/L, 5 g/L), La prueba de jarras se realizó en dos tiempos de coagulación de 2min y 4min con una velocidad de 100 RPM, la floculación se realizó en 15 minutos con un velocidad de 50 RPM y por último la sedimentación que fue de 30 min, para luego puedan ser analizados. La eficiencia de estos coagulantes se evidenció a partir de los porcentajes de remoción de sílice después de la etapa de sedimentación. La investigación comprobó que el coagulante *cactácea Opuntia floccosa* ha influido de manera significativa en la remoción de sílice, siendo de 26,02%, también se comprobó la cantidad adecuada del coagulante de 2 g/L en un tiempo de 4 min. Se determinó que el *Cactáceo Opuntia floccosa*, influye de manera significativa en la remoción de sílice.

**Palabras clave:** Coagulante *cactácea Opuntia floccosa*, remoción de sílice.

## ABSTRACT

Water is very important for the life of human beings and living beings, therefore, in this research work, natural coagulants were used to reduce the level of contamination and improve water quality. For this reason, the objective is to determine the efficiency of the cactus "Opuntia floccosa", for the removal of silica from the effluent of mining waste from Pachacayo. For the process of obtaining the coagulant, the following methodology was used: collection, cleaning, peeling, cutting, drying, grinding and sieving. Likewise, the experimental methodology was developed, through the jar test, in order to determine the coagulation time and the adequate dose of the coagulant. The samples were taken from the effluent of the SICSA Non-Metallic Mining, data were taken and 6 treatments were carried out with three repetitions where different amounts of doses were used for the samples (0 g/L, 1 g/L, 2 g/L, 3 g/L, 4 g/L, 5 g/L), The jar test was carried out in two coagulation times of 2min and 4min with a speed of 100 RPM, flocculation was carried out in 15 minutes with a speed of 50 RPM and finally the sedimentation that was 30 min, so that they can be analyzed later. The efficiency of these coagulants was evidenced from the silica removal percentages after the sedimentation stage. The investigation proved that the Opuntia floccosa cactus coagulant has had a significant influence on the removal of silica, being 26.02%, the adequate amount of the coagulant of 2 g/L in a time of 4 min was also verified. It was determined that the Cactus Opuntia floccosa significantly influences the removal of silica.

**Keywords:** Opuntia floccosa cactus coagulant, silica removal.

## INTRODUCCIÓN

La contaminación del agua se ha vuelto un gran problema en todo el país en los últimos años, esto hace que afecte la biodiversidad, los ecosistemas acuáticos y en principal a los seres humanos que se ven perjudicados por causa de la alteración en la cadena alimenticia y contraen enfermedades al usar o beber agua contaminada. El agua es un recurso vital para todos los seres vivos, producción de alimentos, electricidad, así como para la elaboración de productos industriales, mantener buena salud, entre otras cosas, es por ello que se debe tener conciencia del gran problema que viene suscitándose.

Una de las fuentes de contaminación del agua es la minería no metálica por el derrame de sustancias químicas, combustibles, así como la extracción de los ríos que es el mayor riesgo que existe. El Perú cuenta con 121 empresas dedicadas a la explotación de minerales no metálicos, la gran mayoría son pequeñas empresas y sus plantas se encuentran instaladas a orillas de los ríos aledaños. Estas empresas no son conscientes que sus actividades causan problemas ambientales, en especial con el agua. Un claro ejemplo, es el caso de las minerías no metálicas que realizan lavado de sílice en el Centro Poblado de Pachacayo (Jauja), el cual viene vertiendo sus aguas sin tratamiento, afectando a la población, los animales, agricultura, el medio natural y en principal la calidad del recurso hídrico de los ríos de Pachacayo y Mantaro.

En la actualidad por lo general para el tratamiento del agua se utiliza productos químicos sintéticos, pero no ven los daños que causan al ecosistema al ser utilizados en grandes proporciones. Por ello, se vienen realizando estudios de coagulantes de origen natural que tengan resultados favorables y que sean económicos, con la finalidad de disminuir el uso de productos químicos sintéticos, que afectan el medio ambiente.

Teniendo en cuenta lo manifestado en el siguiente estudio de investigación se consideró determinar la eficiencia del coagulante cactáceo *Opuntia floccosa* para la remoción de sílice del efluente de los residuos mineros de Pachacayo – Jauja. La importancia de esta tesis es que se pueda dar base para la remoción de sílice usando el coagulante natural el cual busca mejorar la calidad del recurso hídrico.

El presente trabajo cuenta con cuatro capítulos: en el capítulo I, encontramos el planteamiento y la formulación de problemas, objetivos, justificación e hipótesis en ese orden; en el capítulo II, se detalla las revisiones bibliográficas realizadas presentando los antecedentes, bases teóricas y definiciones de términos básicos; en el capítulo III, se involucra el método, alcance, diseño, así como la población y muestra; en el capítulo IV, encontramos los resultados de los tratamientos y análisis de la información, así también, se encuentra la comprobación de las hipótesis y discusión de resultados. Finalmente se detalla las conclusiones y recomendaciones.

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

#### 1.1. Planteamiento y formulación del problema

##### 1.1.1. Planteamiento del problema

La contaminación del agua es principalmente un gran problema a nivel mundial, siendo la minería una fuente principal de contaminación, donde se realizan trabajos de explotación y lavado de minerales, debido a esto el agua contiene diferentes sustancias solubles e insolubles, donde destacan las partículas coloidales que son complicadas de remover por el tamaño que tienen, ocasionando grandes impactos al medio ambiente desde hace muchos años atrás (1).

Los impactos negativos y positivos son producidos por la actividad de explotación, ya que son de mayor importancia, cuando se habla de distintos proyectos de inversión pública y privada en las empresas mineras, por lo tanto, identificar y evaluar los impactos ambientales es de suma importancia para que se identifiquen los efectos más relevantes, sean positivos y/o negativos enfocados al entorno ambiental (2).

La UNESCO, en un informe menciona que la minería comercial y la minería no metálica generan daños a la salud humana y a los ecosistemas. Estas aguas residuales generadas por estas minerías son vertidas sin tratamiento a las aguas superficiales, lo que perjudica en un gran porcentaje de masas de agua y en algunas ocasiones se infiltran en zonas acuíferas contaminando las aguas subterráneas (3).

El Perú registra una descarga anual de 960.5 millones de metros cúbicos de agua residual sobre el agua superficial, de las cuales los efluentes mineros son 25.4% y el 5.6% pertenecen a los efluentes industriales que se descargan a las orillas de los ríos. En el informe realizado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), se señala que uno de los ríos afectados por los vertimientos de aguas sin tratar, es el río Mantaro, el cual afecta directamente a los pobladores ya que ellos utilizan este recurso para la agricultura, ganadería y algunas veces para su consumo (4).

En la Guía de manejo ambiental para minería no metálica, se menciona que 121 empresas se dedican a la explotación de minerales no metálicos, dado que la gran parte son empresas pequeñas, abasteciendo al mercado local, un claro ejemplo son las empresas artesanales que producen agregados. Desde 1997 no se toma conciencia de las consecuencias y problemas ambientales de esta mencionada actividad (5).

A nivel nacional el departamento de Junín se encuentra en el tercer lugar con una producción total de 3 465 352 TM, siendo los minerales más explotados: caliza, arena, arcilla, sílice, travertino, yeso, puzolana, bentonita, talco, baritina, arenisca, calcita, feldespatos, hormigón, sillar y mármol. En cuarto lugar, se encuentra la sílice, con una producción de 142 161 TM. Estas empresas producen impactos negativos para el medio ambiente primordialmente en las aguas superficiales. No obstante, esto no debería volverse un obstáculo, sino más bien una facilidad para poder utilizar tecnologías limpias en los tratamientos de los efluentes de la empresa antes de su vertimiento (5).

Así mismo, el río Mantaro es el vertedero de todas las minerías sean metálicas y no metálicas, este río se encuentra contaminado al 100%, principalmente por metales pesados en cantidades elevadas ocasionando daños a los ecosistemas y a la biodiversidad (contaminación de aire, suelo, agua subterránea, agua superficial y generación de lluvia ácida) (6).

En el Centro Poblado de Pachacayo (Jauja), existen empresas mineras que descargan sus aguas sin ningún tipo de tratamiento afectando la calidad del agua de los ríos Pachacayo y Mantaro, por ello es importante investigar las fuentes naturales para producir coagulantes que no dañen al medio ambiente y puedan ser accesibles de forma económica y socialmente.

El valor de esta investigación es conseguir un coagulante natural, a partir del cactáceo *Opuntia floccosa* para la remoción de sílice de los efluentes líquidos, reducir concentraciones de contaminantes de sílice y mejorar la calidad del agua, así contribuir con las investigaciones de futuros concedores relacionados al tema de tratamiento de aguas residuales.

## **1.1.2. Formulación del problema**

### **1.1.2.1. Problema General:**

¿Cuál es la eficiencia del coagulante cactáceo *Opuntia floccosa* para la remoción de sílice del efluente de los residuos mineros de Pachacayo - Jauja, 2021?

### **1.1.2.2. Problemas específicos.**

- ❖ ¿Cuál será la concentración de sílice del efluente de los residuos mineros de Pachacayo – Jauja, 2021?
- ❖ ¿Cuál será la cantidad adecuada del coagulante Cactáceo *Opuntia floccosa* para remover la sílice del efluente de los residuos mineros de Pachacayo – Jauja, 2021?
- ❖ ¿Cuál será el tiempo adecuado de coagulación para remover la sílice del efluente de los residuos mineros de Pachacayo – Jauja, 2021?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo General**

Determinar la eficiencia del coagulante cactáceo *Opuntia floccosa* para la remoción de sílice del efluente de los residuos mineros de Pachacayo – Jauja, 2021.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- ❖ Determinar la concentración de sílice del efluente de los residuos mineros de Pachacayo – Jauja, 2021.
- ❖ Determinar la cantidad adecuada del coagulante *Opuntia floccosa* para remover la sílice del efluente de los residuos mineros de Pachacayo – Jauja, 2021.
- ❖ Determinar el tiempo adecuado de coagulación para remover la sílice del efluente de los residuos mineros de Pachacayo – Jauja, 2021.

### 1.3. Justificación e importancia

Los seres humanos requieren de un lugar donde puedan establecerse adecuadamente, estos deben tener buenas condiciones para vivir y realizar sus actividades sin ser perjudicados por contaminantes. Para conservar la salud se necesita un ambiente limpio (aguas limpias, aire puro y suelos no contaminados). Por esta razón las aguas residuales de las empresas mineras no metálicas, deben ser tratadas antes de su vertimiento, como alternativa, el uso de coagulantes naturales como es el caso del cactáceo *Opuntia floccosa*.

Considerando que un adecuado tratamiento del agua residual, tendrá beneficios para la población aledaña que le da uso en sus diferentes actividades (ganadería, agricultura, acuicultura y entre otros) actividades que realizan diariamente, esto significa una estrategia a fin de mejorar la calidad de vida.

El uso del cactáceo *Opuntia floccosa* como coagulante natural para la remoción de sílice, disminuirá los costos de operación a diferencia de otros coagulantes inorgánicos, esta es una opción de uso para las empresas y de esta manera puedan contribuir a la reducción de contaminantes de sus aguas residuales.

Esta investigación aporta beneficios a la Ingeniería Ambiental y a la salud humana debido a que se va a reducir la concentración de sílice en los efluentes de una empresa minera no metálica, es así como se podrá mejorar la calidad del agua sin comprometer al medio ambiente.

Esta problemática aún no ha sido detectada y no hay trabajos de investigación sobre este contaminante en el Perú. Las empresas mineras no metálicas que se encuentran situadas en las orillas del río Mantaro, realizan sus procesos de lavado de arena de sílice y sus aguas residuales son descargadas al río Mantaro sin ningún tipo de tratamiento causando contaminación del agua. Por esta razón se propone la utilización del coagulante natural extraído del cactáceo *Opuntia floccosa* como una alternativa dirigida para mejorar las características y la calidad de los efluentes líquidos de la minera no metálica. De esta manera se puede contribuir para futuros proyectos con relación al tratamiento de aguas residuales que contengan sílice.

## **1.4. Hipótesis y operacionalización de variables**

### **1.4.1. Hipótesis General**

#### **1.4.1.1. Hipótesis de investigación**

**Ha=** El coagulante cactáceo *Opuntia floccosa* influye de manera eficiente en la remoción de sílice del efluente de los residuos mineros de Pachacayo – Jauja, 2021.

#### **1.4.1.2. Hipótesis nula**

**Ho=** El coagulante cactáceo *Opuntia floccosa* no influye de manera eficiente en la remoción de sílice del efluente de los residuos mineros de Pachacayo – Jauja, 2021.

### **1.4.2. Operacionalización de las variables.**

**Tabla 1. Operacionalización de Variables**

| TIPO DE VARIABLE       |   | DIMENSIONES                     | DEFINICIÓN CONCEPTUAL   | INDICADOR   | UNIDAD DE MEDIDA | TIPO DE VARIABLE |
|------------------------|---|---------------------------------|---|---|------------------|------------------|
| Variable independiente | Eficiencia del Cactáceo <i>Opuntia floccosa</i> | Cantidad del coagulante (dosis) | Cantidad adecuada de sustancia natural  | Cantidad  | G                | Cuantitativa     |
|                        |   | Tiempo de coagulación           | Tiempo de mezcla del coagulante con el agua con la finalidad de formación de flóculos                         | Tiempo  | Min – RPM        |                  |
| Variable dependiente   | Remoción de sílice                              | Concentración de sílice         | Se basa en reducir las concentraciones de la sílice que se detectan en los efluentes de la minera no metálica | Cantidad inicial y final de la sílice mg/L  | Ppm              | Cuantitativa     |
|                        |   | Porcentaje de remoción          | Porcentaje de remoción del contaminante que se encuentra en los efluentes de la minera no metálica            | $\% \text{ Remoción} = \frac{(i-f)}{i} \times 100$ Dónde: i= concentración de sílice del efluente sin tratamiento g/l (inicial)<br>f= Concentración de sílice del efluente con tratamiento en g/L (final) | %                |                  |

Fuente: Elaboración Propia

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes del problema

##### 2.1.1. Antecedentes Internacionales

La investigación titulada “Remoción de sílice, en agua, mediante electrogeneración de aluminio” tiene por objetivo, la remoción de sílice en agua utilizando como coagulante la generación por electrólisis de aluminio, donde experimentaron diferentes sistemas electroquímicos, dos de ellos fueron electrodos de aluminio con/sin cambio de polaridad y el tercero fue un sistema de cátodos de acero inoxidable y ánodos aluminio. Los resultados que obtuvieron de los experimentos estudiados, fue que el sistema que tiene mayor ventaja para producir el aluminio y remover la sílice es aquel que trabaja con corriente directa y que posee aluminio en ambos electrodos, gracias a la generación química de aluminio en el cátodo. Donde lograron remover hasta casi 66% de sílice de agua de pozo (7).

En la Investigación titulada “Eliminación de sílice y reducción de alcalinidad (como carbonatos) de aguas de pozo y de rechazo de sistemas de ósmosis inversa mediante proceso de electrocoagulación” tiene por objetivo el tratamiento de agua de pozo por métodos electroquímicos que sustituya la coagulación/floculación química convencional y/o el empleo de ósmosis inversa, para obtener agua de proceso para industrias que requieren alto grado de pureza en el agua con el fin de evitar deterioro e incrustaciones en cañerías y equipos. En la investigación utilizaron electrodos de aluminio de alta pureza de 1050°, en la etapa de electrocoagulación en la celda electroquímica, se empleó una corriente constante de 1000mA, con una turbación magnética para apoyar la mezcla y separar los electrodos de 15mm, así mismo, se realizaron en diferentes tiempos y en un intervalo de 2 a 10min. Seguidamente procedieron a adaptar el pH con el HCl6N, luego se dejó por 30 min. el sólido para decantar, después determinaron la concentración de sílice, el aluminio, la turbidez y carbonatos en el sobrenadante. En las mediciones encontraron

las condiciones adecuadas para la electrocoagulación de 8 a 10 min. Después se ajustó el pH a 6.0 dado que en esas condiciones consiguieron la formación de los flocs de manera rápida y con una buena consistencia, también obtuvieron una clara disminución de concentración de carbonatos y de sílice, es así como también se reduce la turbiedad en las sobrenadantes. En el caso del agua de pozo, se disminuyó entre 70 a 76% de la concentración de sílice y en los carbonatos entre 65 a 80%. Para el agua de rechazo de la ósmosis inversa, disminuyó entre 30 a 45% de la concentración de sílice y 65% la alcalinidad, en la situación de la sobrenadante presentó baja turbidez siendo menor a 3 NTU y la concentración del catión de aluminio sobrante ha sido bajo por lo cual es menor a 0.2 mg/L. Finalmente concluyeron que después de la obtención de los resultados el método de electrocoagulación, es una alternativa de mucho interés para tratar aguas de pozo y de rechazo de ósmosis inversa, utilizando métodos comunes, así como también el uso de coagulantes químicos (8).

En la investigación titulada “Evaluación del poder coagulante de la tuna (*opuntia ficus indica*) para la remoción de turbidez y color en las aguas crudas” tiene por objetivo, evaluar el poder coagulante de la tuna (*opuntia ficus indica*) para la remoción de turbidez y color en las aguas crudas, para convertir el coagulante en polvo lo sometieron a ciertos cambios físicos utilizando procesos unitarios. También obtuvieron datos en la prueba de jarras que realizaron en el tratamiento, después que tabularon y graficaron esta información, sirvió para determinar la eficiencia del coagulante, además teniendo los resultados finales de la turbiedad y color, lo compararon con las normativas vigentes en Colombia. Obtuvieron resultados que pudieron concluir durante las pruebas manejadas, logrando remover tanto la turbidez como el color con porcentajes favorables, para tal fin, utilizaron concentraciones bajas del coagulante. Mayor velocidad mayor remoción de impurezas, a menor velocidad se generaron flóculos compactados y grandes (9).

En la investigación titulada “El nopal *Opuntia ficus-indica* como coagulante natural complementario en la clarificación de agua” tiene el objetivo de evaluar la eficiencia del mucílago extraído del nopal *Opuntia ficus-indica*, como coagulante natural complementario al sulfato de aluminio, en el proceso de clarificación del agua proveniente del río Magdalena, mediante la prueba de jarras realizaron la clarificación del agua, teniendo presente algunos factores como la cantidad del coagulante, concentración, pH y velocidad de agitación. Así mismo evaluaron el color (UPC), turbidez (NTU), conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y SST ( $\text{mg}/\text{L}$ ) para el agua tratada. Concluyeron que después de los resultados a los que aplicaron el 20% del mucílago con una cantidad de coagulante y a una velocidad que agitaron fue de 200 RPM, así disminuyeron la cantidad de turbidez en 2 NTU, consiguiendo eficiencia de la remoción de la turbidez mayor a 50%, teniendo como los intervalos 96 - 98% como las más efectivas. El coagulante hizo que la conductividad aumente pero no afectó de manera notable al pH del agua tratada (10).

En la investigación titulada “Remoción de la turbidez del agua del río Magdalena usando el mucílago del nopal *Opuntia ficus-indica*”, plantea como objetivo remover la turbidez del río Magdalena usando el mucílago del nopal *Opuntia ficus-indica*, como alternativa para sustituir o minimizar el uso del sulfato de aluminio, emplearon un diseño experimental aleatorizado con factorial 2k; donde la “k” fue el factor evaluado, teniendo los coagulantes: opuntia y alumbre, donde su concentración fue de 35 y 40  $\text{mg}/\text{L}$  y su agitación tuvo una velocidad de 100 y 200 RPM en ese orden. Se usó la prueba de jarras para clarificar las muestras tomadas del río, empleando un turbidímetro para que se determine la turbidez (UNT), conductividad, sólidos disueltos totales ( $\text{mg}/\text{L}$ ) y pH. Mediante el análisis estadístico (ANOVA) mostró que el proceso de clarificación de agua tuvo influencia con el coagulante. El alumbre tuvo una gran remoción de turbidez con una 99.80%; siendo el opuntia la que obtuvo menor remoción que fue de 93.25%. Finalmente se puede deducir que

el mucílago del nopal *Opuntia ficus-indica*, sí redujo la turbiedad en el agua del río Magdalena (11).

En la Investigación titulada “Efecto de la *Moringa oleífera* en el tratamiento de las aguas residuales en el Cauca, Colombia”, tiene por objetivo evaluar el efecto del polvo de la semilla de moringa como coagulante y floculante natural en el tratamiento de aguas residuales. Dicha investigación usó aguas resultantes del proceso de beneficio de café, que tuvo una turbiedad de > 2000 UNT. Realizaron tratamientos en las muestras aguas de beneficio de café, donde utilizaron la prueba de jarras a 130 RPM con una temperatura de 21,5 °C, donde la agitación fue de 30 min. y el tiempo para el pelado químico de los vegetales fue de 15 minutos. La calidad se determinó mediante la evaluación: coliformes totales, sólidos suspendidos, fecales del sobrenadante, pH, conductividad eléctrica, turbidez y cloruros. Se realizó la comparación con el sulfato de aluminio para lo cual utilizaron la misma dosificación, logrando un resultado donde señalan que emplearon 4 g/600 ml. de agua residual de beneficio de café y obtuvieron 73.5% de eficiencia con sulfato de aluminio y 80.9% polvo de semilla de moringa, luego emplearon 0.15g/600ml. de agua del pelado químico de vegetales donde obtuvieron 66.755% de eficiencia con moringa y 63.5% con el sulfato de aluminio. De acuerdo a los resultados obtenidos el polvo de semillas de moringa es el más eficiente en la mejora de los parámetros que se establecieron en la investigación (12).

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

En la investigación titulada “Eficiencia del Coagulante a base de Huaraco (*Austrocyllindropuntia floccosa*) en la disminución de la turbiedad en las aguas de la laguna Yanacocha – Pasco”, tuvo por objetivo determinar la eficiencia del coagulante del Huaraco (*Austrocyllindropuntia floccosa*). Para la obtención del coagulante del Huaraco, siguieron los procedimientos de recolección, limpieza de frutos, obtención de la médula, tiempo de maceración y filtración del extracto viscoso. Realizaron el análisis a una de

las muestras en el laboratorio donde obtuvieron una turbidez de 41.1 UNT luego de la aplicación del coagulante *Austrocylindropuntia floccosa* a la muestra de agua, donde demostraron que al adicionar 80 ml del coagulante a una concentración de 10%, se logra disminuir de 27.5 a 4.5 UNT. El resultado obtenido demuestra que el uso del coagulante natural es una alternativa para la purificación de aguas contaminadas (13).

En la tesis titulada “Eficiencia del coagulante natural *Opuntia ficus indica* (L.) Miller con un sistema de filtración para la remoción de parámetros fisicoquímicos y biológicos en el agua residual doméstica del Centro Urbano Hornillos, 2016”, plantea como objetivo evaluar la eficiencia del coagulante natural *Opuntia ficus indica* (L.) en diferentes porcentajes de concentración y volumen para la remoción de los parámetros fisicoquímicos y biológicos presentes en aguas residuales domésticas generadas por el centro urbano de Hornillos. Trabajaron en tres fases: en primer lugar, obtuvieron el coagulante natural *opuntia ficus indica* (L.) Miller; seguidamente, determinaron el volumen óptimo de dicho coagulante natural utilizando la prueba de jarra con diferentes porcentajes de concentración y para la última fase, utilizaron cantidades diferentes de concentraciones de coagulante natural, seguidamente lo llevaron a la prueba de jarras y al sistema de filtro. En las dos últimas fases determinaron los parámetros fisicoquímicos y biológicos con el fin de analizar la eficacia del coagulante natural durante la prueba de jarras y el sistema de filtro. Analizaron la eficacia del coagulante natural donde obtuvieron el resultado de concentración y volumen de 80% con 1ml de coagulante natural, la remoción de turbidez fue la más efectiva con un 95%, seguido los SST con 57%, luego la DQO con 58% y por último los coliformes totales con 44%, esos resultados se adquirieron en la prueba de jarras. Haciendo una comparación de cuando se utilizó el sistema de filtro en el proceso de prueba de jarras, donde se obtuvo los siguientes datos de los parámetros: sólidos suspendidos totales con 88%, turbidez con 99%, coliformes totales con 85% y la demanda química de oxígeno con 82%, siendo este proceso el más efectivo para la remoción de dichos parámetros (14).

En la tesis titulada “Eficiencia de *Armatocereus rauhii* y *Espostoa mirabilis* en la remoción de sólidos suspendidos totales en el agua para consumo humano del distrito de Balzas - Amazonas”, plantea por objetivo determinar la eficiencia de *Armatocereus rauhii* y *Espostoa mirabilis* en la remoción de sólidos suspendidos totales en el agua para consumo humano del distrito de Balzas – Amazonas, dicho estudio se realizó desde el suministro de agua que abastece a la comunidad de Balzas. Para los tratamientos utilizaron el tejido vascular de las “*Armatocereus rauhii* y *Espostoa mirabilis*” con la relación de masa/volumen, para los tratamientos y utilizaron el método de prueba de jarras fueron 25 g/L, 50 g/L, 75 g/L. Después de los tratamientos obtuvieron los siguientes resultados: la turbiedad fue de 39.47% y sólidos suspendidos totales fue de 34.10% con la *Armatocereus rauhii* y usando el *Espostoa mirabilis* que disminuyeron a 27.45% y 25.24%, se incrementó de manera significativa la conductividad eléctrica de las dos especies y cuando analizaron el pH obtuvieron que reduce de 8.33 a un intervalo de 7.34 a 6.72. No obstante obtuvieron que no todas se relacionan masa/volumen (g/L) de cactus, de tal manera no todos son eficientes y así determinaron que el tejido vegetal de los cactus con una relación de masa/volumen de 25 g/L es el más óptimo(15)

### **2.1.3. Antecedentes Regionales**

En la tesis titulada: “Remoción de hierro de las aguas ácidas de la mina Carhuacayán mediante el coagulante del cactáceo *Opuntia floccosa* a nivel de laboratorio.” Plantea como objetivo remover el hierro de las aguas ácidas de la mina Carhuacayán mediante el coagulante del cactáceo *Opuntia floccosa*, utilizando los métodos unitarios como molido, secado, tamizado del coagulante, espectrofotometría infrarroja, prueba de estudio proximal para identificar el correspondiente y se determinó mediante la prueba de jarras la concentración adecuada del coagulante que se ha obtenido como resultado mediante dichas condiciones trabajadas en el transcurso de todo el análisis. Después del tratamiento, removieron el hierro del agua en un gran porcentaje de 91.729%, adquiriendo información después del proceso del tratamiento, se cercioró que, manejando el coagulante en un tiempo de 5min. para la

coagulación y la concentración en 20ppm se obtiene el mayor porcentaje de remoción. Asimismo, recomienda que para remover los otros metales pesados deben comprobar la eficiencia del coagulante (16). Esta investigación es relevante para nuestra tesis porque tiene gran aportación tanto en la metodología para poder determinar las variables y obtener resultados positivos, así también para poder saber la eficiencia que puede tener el coagulante en la remoción de la sílice.

En la investigación titulada “Efectividad del mucílago liofilizado de *Austrocyllindropuntia floccosa* en la disminución de la turbidez del agua del río Shullcas, Huancayo - 2019”, tiene por objetivo evaluar la efectividad del mucílago liofilizado de *Austrocyllindropuntia floccosa* en la disminución de la turbidez del agua del río Shullcas. En la investigación, aplicaron un diseño experimental, donde tomaron 14 muestras de agua usando el muestreo no probabilístico de manera conveniente, tomaron la muestra en un tiempo de 15 minutos por un litro. Utilizaron la prueba de jarras para realizar el análisis fisicoquímico, usando tres procesos: coagulación, floculación y sedimentación. Para los cuatro tratamientos que realizaron usaron diferentes concentraciones (5ppm, 10ppm, 15ppm y 20ppm). Obteniendo como resultado final, que la concentración de 5ppm tuvo una mayor efectividad en la disminución de turbidez (43.55%), siendo la muestra inicial de 8.45 UNT y disminuyendo en 4,77 UNT, concluyendo que dicho valor se encuentra dentro de los límites máximos permisibles de DIGESA, según DS N° 031-2010-SA (17).

En la tesis titulada “Opuntia ficus – indica, como coagulante para remoción de sólidos suspendidos totales del efluente de beneficio en la avícola La Chacra”, plantea como objetivo, determinar la influencia del coagulante natural de la Opuntia ficus-indica en la remoción de los sólidos suspendidos totales en las aguas residuales de la avícola La Chacra de Huancayo. mediante métodos se realizó pruebas de eficiencia y pruebas preliminares. En los

coagulantes se pudo observar su efectividad desde los porcentajes de remoción de DBO 5, DQO, SST y turbidez posterior al proceso de sedimentación. Obtuvieron como resultado que la cactácea tiene una gran efectividad, porque se pudieron registrar remociones de DBO5 en 28%, SST en 65%, y la turbidez está a más del 91% con la Opuntia ficus-indica en modo de gel (fresca o cruda). Finalmente concluyeron que la Opuntia ficus-indica contribuye a la remoción de sólidos suspendidos totales y recomiendan que sea utilizada como una alternativa, para la aplicación en una escala mayor (18), así mismo, sugiere que la materia orgánica precipitada puede ser beneficiosa como materia prima inverso al proceso de compostaje, para conseguir abono orgánico con altos nutrientes (18).

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Calidad de agua**

El agua se puede encontrar variada por consecuencias naturales o circunstancias externas. Cuando las circunstancias externas modifican la calidad natural del agua y que no tienen nada que ver con el ciclo hidrológico, entonces hablamos de contaminación. Tomar medidas, controlar y dar soluciones a los problemas procedentes de la contaminación del agua, está dentro de los objetivos principales que debe proponerse en toda política de gestión de recursos hídricos (19).

La calidad del agua en la actualidad es un tema prioritario, la expansión desmedida de la humanidad en el mundo, las áreas rurales y el crecimiento urbano contribuyen al aumento de la problemática de la calidad del agua (20).

### **2.2.2. Contaminación de aguas**

Según Haberer H. en su Guía de Manejo Ambiental para minería no metálica menciona que, las sustancias químicas y los derrames de los combustibles que suceden en las mineras no metálicas generan un gran daño a nuestro entorno. Las maquinarias y los medios de transporte que son utilizados en las minas también son considerados perjudiciales pueden causar un derrame de compuestos

químicos o combustibles, siendo este suceso un riesgo muy alto ya que entran en contacto directo con el agua (5).

La contaminación se da por la presencia de sustancias químicas, físicas o biológicas, teniendo concentraciones elevadas. Los contaminantes más considerables son los metales pesados, aceites, los nutrientes, los químicos orgánicos y los sedimentos; así también, el calor puede ser parte de la contaminación por el aumento de temperatura (21).

### **2.2.3. Aguas residuales**

Tienen características generales que han cambiado por la actividad humana, es por eso que se necesita de un tratamiento anticipado antes de su vertimiento a un sistema de alcantarillado o a un cuerpo natural para tener una mejora de la calidad de agua (22).

Los efluentes son generados por actividades mineras e industriales que degradan el recurso hídrico, incrementando la contaminación, transformándose en un problema alarmante. Según Gabino R. en su trabajo de investigación menciona que, “Las aguas residuales son materiales derivados de residuos domésticos o de procesos industriales, los cuales por razones de salud pública y por consideraciones de recreación económica y estética, no pueden verterse sin tratamiento en lagos o corrientes convencionales”(18).

De la mención anterior, indicamos que la disminución de contaminantes en los efluentes mineros, estos necesitan un tratamiento que mejoren la calidad del agua, definitivamente en este trabajo que estamos realizando utilizaremos el proceso de coagulación y floculación, haciendo uso del coagulante cactáceo *Opuntia floccosa* para la remoción de la sílice de los efluentes mineros no metálicos.

### **2.2.3.1. Clasificación de las aguas residuales**

#### **A. Aguas residuales industriales.**

Proviene de actividades mineras, agrícolas, agroindustriales y entre otras (22).

#### **B. Aguas residuales domésticas.**

Estas aguas son generadas de los servicios básicos, de viviendas y de residencia que contienen desechos fisiológicos (22).

#### **C. Aguas residuales municipales.**

Son provenientes de aguas residuales domésticas que se encuentran unidas, tanto el efluente de drenaje pluvial y el agua residual industrial (22).

### **2.2.3.2. Parámetros medibles en las aguas residuales**

Son los siguientes:

- Temperatura.
- pH.
- Demanda bioquímica de oxígeno DBO.
- Nitrógeno Amónico y Nitratos.
- Nitrógeno total.
- Sólidos Suspendidos Totales.
- Demanda química de oxígeno DQO.
- Turbidez.
- Color.

### **2.2.4. Sílice**

Según el Dr. Edward Group, quien menciona que la Sílice es conocida como dióxido de sílice ( $\text{SiO}_2$ ), la cual es un compuesto químico blanco e incoloro, se encuentra compuesto por el silicio (Si) y el oxígeno ( $\text{O}_2$ ), ambos elementos son los más comunes en la tierra. Además, este compuesto se encuentra en mayor cantidad en la corteza terrestre, donde está conformado hasta en un 59% de la composición total. La sílice es utilizada en todas partes, desde las aplicaciones industriales a la industria de bebidas y alimentos (23).

Sin embargo, a pesar de usar este material como filtrante, la sílice comienza a presentar problemas en el recurso hídrico en sus otras formas, debido a que se puede disolver en el agua o estar suspendido en partículas de ( $d < 1$  micra).

### **2.2.5. Minería no metálica**

En la conferencia de Minería no Metálica dada por el Ministerio de Energía y Minas menciona que, el 17% de la minería en el Perú son no metálicas, destacando en las regiones de Junín y Lima debido a la producción de sílice, sal, caliza, bentonita, yeso, dolomita, puzolana, travertino y sulfato. Asimismo, menciona que la sílice se encuentra dentro de los 7 productos más producidos en el año.

Según la Guía de Orientación del uso eficiente de la energía y de diagnóstico energético que corresponde a la Minería no Metálica emitido por la MINEM (Ministerio de Energía y Minas), menciona que los minerales no metálicos también conocidos por diferentes autores como minerales industriales, son componentes geológicos que tienen un costo y estos no son combustibles ni metales. Estos componentes son usados en diferentes actividades como en el sector agrícola donde lo utilizan para fertilizantes o insecticidas hechos con fosfatos, también se usa para la construcción como es la piedra, arena y para diferentes procesos industriales. El costo de estos productos mineros no metálicos se asocia con el uso que le dan en el sector industrial, a consecuencia de que tienen características en particular, así como comprensión, resistencia, durabilidad, valor aislante, composición uniforme y no reactividad química (24).

#### **2.2.5.1. Procesos que involucran la generación de las aguas residuales de las Empresas Mineras no Metálicas**

##### **A. Perforación**

Localiza el lugar de trabajo donde se iniciará la perforación, esto consiste en realizar un corte adecuado por parte de un personal especializado con maquinarias perforadoras.

#### B. Voladura

Luego del carguío de los taladros con los explosivos (ANFO y dinamita) se comienza con la voladura.

#### C. Obtención del material

Después de realizar la voladura se obtiene el mineral no metálico que es la sílice.

#### D. Acarreo del material

La sílice obtenida es transportada a las pozas para su lavado. Las aguas de estas pozas son alimentadas mediante canaletas y madera de los ríos, quebradas o lagos en grandes cantidades.

#### E. Lavado

- Para el lavado de la sílice en las pozas primero pasa por las mallas de cribado de 1/4" que está a una distancia de 10 metros del echadero, este detiene arcillas, areniscas muy consolidadas.
- Luego pasa por la malla de 1/6" que está a una distancia de 8 metros de la malla de 1/4" unidas por canaletas de circulación de flujo, esta retiene arena gruesa que también es llamada granza.
- Finalmente, la arena lavada en la última operación es sacada de las pozas y son colocadas en plataformas de carguío por la maquinaria para su comercialización. El agua residual que es generada en el proceso de lavado, son descargadas al río Mantaro(25).

#### **2.2.6. Coagulante**

Este elemento es de origen orgánico que al ser agregado al agua residual provee cargas de signo opuesto donde las partículas coloidales presentes neutralizan las cargas eléctricas dejando actuar la fuerzas de repulsión, los coloides se agregan y su potencial Z se anula(16).

### 2.2.6.1. Características de los coagulantes:

- ❖ Posee una carga diferente al coloide con la finalidad de que neutralicen las fuerzas electrostáticas (potencial Z nulo o el punto isoeléctrico).
- ❖ Tienen gran peso, con el fin de que los flóculos constituidos logren dividirse lo más antes posible, por precipitación.
- ❖ Posee una carga de valencia elevada para así asegurar la rotura de la estabilidad coloidal y así se acelere (16).

#### A. Tipos de los coagulantes

##### ✓ *Coagulantes inorgánicos*

- Sulfato de aluminio
- Sulfato de hierro
- Dióxido de calcio
- Cal
- Cloruro férrico
- Sulfato ferroso

##### ✓ *Coagulantes orgánicos*

- Coagulantes Sintéticos

Son usados para el tratamiento del agua de tipo doméstico e industrial, así como también para eliminar metales pesados, fosfato, aceite, grasas, etc.

Actualmente los polímeros son usados para la ayuda de la floculación y la coagulación, es habitual y se practica en diferentes plantas de tratamiento de agua, en países con mayor industrialización.

- Coagulantes Naturales

Se solubilizan en agua, son derivadas de componentes de origen animal o vegetal y trabajan similarmente a los coagulantes sintéticos ya que acumulan partículas que están en la superficie del agua y ayudan a reducir la turbiedad inicial y su sedimentación, estos coagulantes contienen propiedades antimicrobianas, por lo que pueden eliminar y reducir el contenido de microorganismos patógenos (15).

- ✓ Cactáceo *Opuntia floccosa*

Según el informe del Ministerio del Ambiente, es una categoría de suma importancia en varias regiones del sur y de la Sierra central del Perú, está situada sobre los 4000 m.s.n.m. Este cactáceo, ocupa grandes tamaños que forman grupos de flores amarillas, sus tallos de forma cilíndrica están envueltos por pelo blanco, no es posible su depredación y no tiene competencia con otras plantas. En Bolivia su distribución se extiende. (26).

Taxonomía del cactáceo *Opuntia floccosa*

- Reino : Plantae
- Subreino : Tracheobionta
- División : Magnoliophyta
- Clase : Magnoliopsida
- Subclase : Caryophyllidae
- Orden : Caryophyllales
- Familia : Cactaceae
- Subfamilia : Opuntioideae
- Tribu : Austrocylindropuntieae
- Género : Austrocylindropuntia
- Especie : A. floccosa

## **2.2.7. Coagulación y Floculación**

Es un proceso en donde las partículas se unen de forma reducida en masas con un peso mayor al agua, estos son llamados floculos. Con este proceso se logra (27) lo siguiente:

- ❖ Remoción de la turbidez orgánica o inorgánica.
- ❖ Remover el color verdadero y aparente.
- ❖ Eliminar virus, bacterias y organismos patógenos capaz de ser apartados.
- ❖ Eliminar elementos que producen sabor y olor en ciertos casos y compuestos orgánicos.
- ❖ Destrucción de algas y plancton.

### **2.2.7.1. Coloides**

Son los que se encuentran suspendidos establemente y no están sedimentados de forma natural, son primordialmente responsables del color y la turbiedad del agua, su diámetro es de 1 a 1000 milimicrómetros.

## **2.2.8. Coagulación**

Es una fase crítica del proceso de transformación del tratamiento de agua, solo se puede realizar por medio de la incorporación de un coagulante que tiene la capacidad de neutralizar las fuerzas electrostáticas de los coloides que se encuentran en el agua, lo cual permite la acumulación de partículas de gran tamaño para una factible sedimentación (28).

### **2.2.8.1. Mecanismos de Coagulación**

La partículas coloidales en desestabilización se pueden conseguir a través de los siguientes mecanismos físicos - químicos (29):

#### **A. Compresión de la doble capa.**

Se da cuando se acercan 2 partículas semejantes, donde generan una fuerza de repulsión debido a que sus capas difusas interactúan, su potencial de repulsión se relaciona entre la distancia que los separa y las que caen de forma rápida cuando aumentan las especies iónicas o electrolitos, estos pertenecen a los iones del químico coagulante.

#### B. Adsorción y neutralización de cargas.

En la superficie las partículas coloidales presentan cargas negativas, estas son conocidas como cargas primarias cuya función es atraer a los iones que están en solución dentro del recurso que se va a tratar y componen la primera capa adherida al coloide.

La teoría de doble capa que se da debido al proceso de coagulación, al adicionar los productos químicos de coagulación y floculación anula el potencial de cargas de partículas que se encuentran dentro del agua, donde se genera una fuerza natural de la mezcla de la sustancia que no sea lo suficiente y debido a esto se adiciona energía adicional a la sustancia, un ejemplo es la agitación al proceso.

#### C. Atrapamiento de partículas dentro de un precipitado.

Durante la coagulación las partículas se desestabilizan es decir se atrapan dentro de un floc y se agrega la cantidad adecuada de químicos coagulantes. Al estar presente las partículas coloidales y la sustancia de ciertos aniones, se acelera la formación del precipitado.

Las partículas coloidales se dan en la formación del floc, conocido como el rol de anillo, esto se relaciona de manera inversa con la cantidad del coagulante y la turbidez del agua, esto quiere decir que, si el agua presenta las partículas en suspensión de manera significativa, el proceso puede requerir menos cantidad de coagulante.

### **2.2.8.2. Factores que influyen la coagulación**

#### A. Tipo y cantidad de coagulante.

Existe una relación entre la dosis del coagulante y la turbidez del agua, se debe determinar la cantidad exacta por medio de ensayos (prueba de jarras) de manera que se evite sobredosificaciones que deshagan la adsorción de las aguas superficial.

#### B. pH del agua.

Existe un pH adecuado para cada coagulante, donde se realiza una gran floculación en menos tiempo y utilizando el coagulante en una cantidad exacta, esto se debe llevar a cabo mientras sea factible, para poder mejorar el rendimiento y los productos.

#### C. Tiempo de mezcla y floculación (período de coagulación).

Se da en el tiempo que transcurrió cuando se adicionó el coagulante y el final de remover a una velocidad que dificulte la sedimentación de los elementos floculados.

#### D. Temperatura del agua.

El tiempo influye en la creación de coágulos, entre más fría se requiere mayor tiempo.

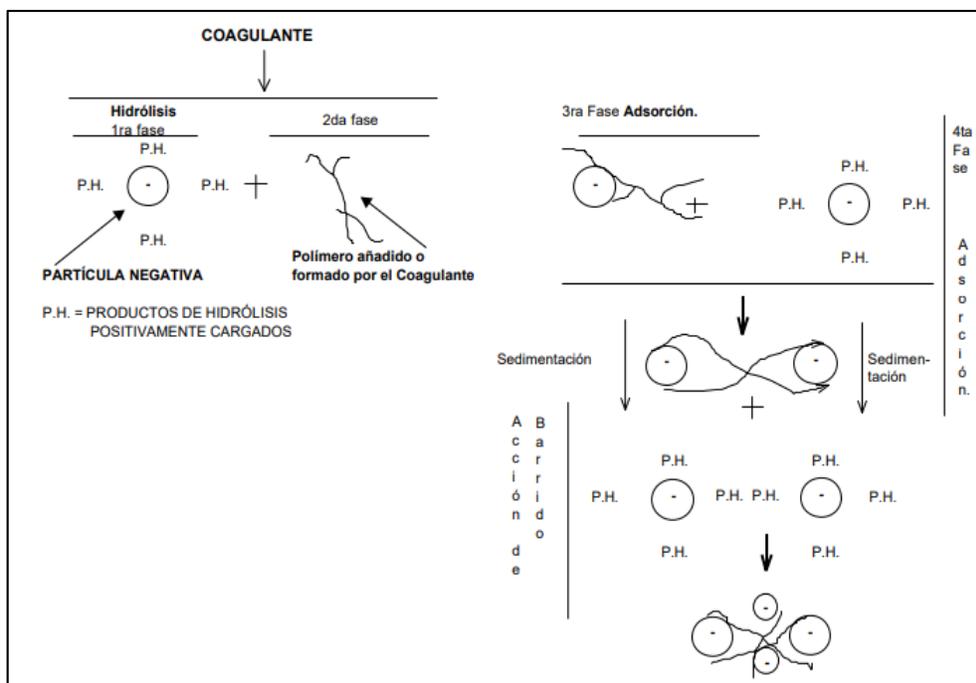
#### E. Agitación y presencia de los núcleos.

Son aquellos sólidos en suspensión (30).

### **2.2.8.3. Fases de coagulación**

Se realizan en un corto tiempo y se presentan las siguientes fases (31):

- 1ra fase: reacción del coagulante y desestabilización de las partículas que se encuentran suspendidas.
- 2da fase: en esta fase se precipita y se forma los componentes químicos que llegan a polimerizarse.
- 3ra fase: en la superficie de los coloides se realiza la adsorción de los enlaces poliméricos.
- 4ta fase: los coloides se adsorben entre sí.
- 5ta fase: acción de barrido.



**Figura 1. Fases de coagulación**  
Fuente:(31)

### 2.2.9. Floculación

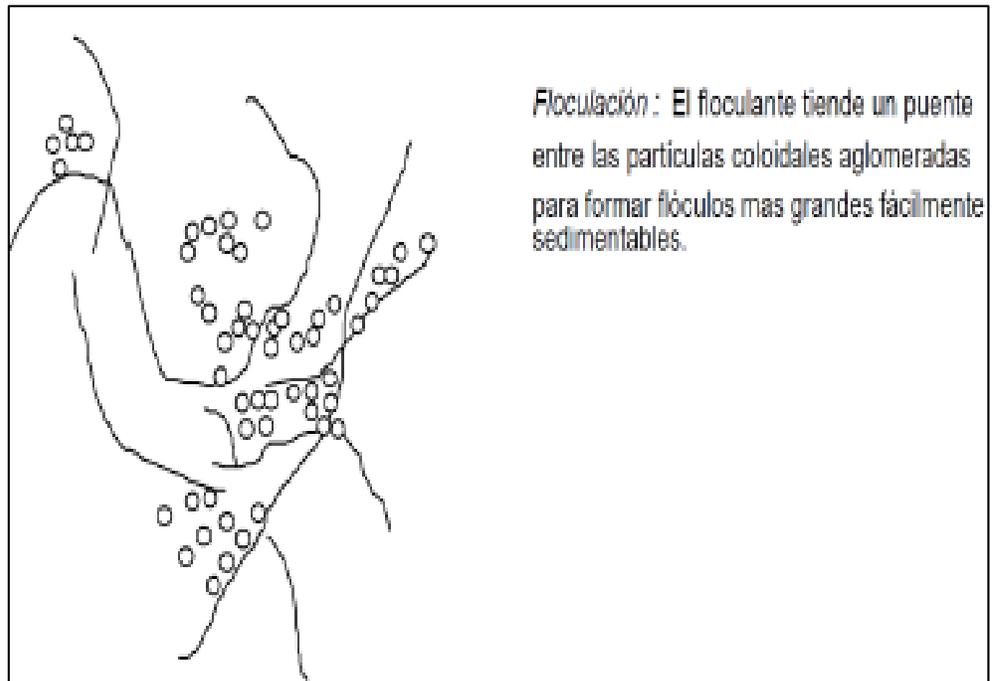
El fenómeno de floculación se da cuando las partículas ya se desestabilizan y chocan unas a otras por el fenómeno de transporte dentro del líquido, donde entre las partículas se generan puentes químicos, formando mallas de coágulos, porosa y tridimensional. La formación de los flocs es generada por partículas aglutinadas en pequeñas masas para facilitar la precipitación (16).

Así mismo en el proceso de la floculación es fundamental encontrar formaciones de flóculos de mayor peso y adhesión posible, ya que esto facilita su eliminación (30).

Los siguientes medios ayudan al engrosamiento y por ende a la sedimentación del flóculo:

- ❖ Una coagulación bien realizada.
- ❖ Aumento de flóculos en el agua.

- ❖ Para que las partículas descargadas eléctricamente coloidales aumenten la posibilidad de que se encuentren con un flóculo se debe realizar una agitación lenta y homogénea.
- ❖ Añadir algunos productos llamados floculantes.



**Figura 2. Floculación**

Fuente: (32)

### 2.2.9.1. Tipos de Floculación

#### A. Floculación Pericinética.

Esto consiste en el movimiento de partículas que se da mediante el movimiento browniano, este tipo de floculación contribuye con tamaños que son  $<1$  micrón, esto se da en el inicio del proceso de floculación.

#### B. Floculación Ortocinética

Se realiza a partir de los movimientos de las partículas en diferentes velocidades y direcciones, ya que es donde se aumenta el encuentro entre ellas; este proceso se da después de la floculación pericinética (33).

## **2.2.10. Sedimentación**

Es la eliminación de las partículas suspendidas en el agua residual por el efecto de la gravedad, el fluido es menor que los pesos específicos de estas partículas. El tratamiento de agua tiene como objetivo clarificarla, siendo el fenómeno claramente físico de la sedimentación, conformando un proceso que se maneja en el tratamiento. Este procedimiento corresponde a la caída de las partículas en el agua porque las partículas suspendidas se sedimentan, teniendo como resultado final su suspensión que será más concentrada con su fluido clarificado(16).

### **2.2.10.1. Tipos de Sedimentación**

#### **A. Sedimentación de partículas discretas.**

Son partículas que, durante su caída sus características (densidad, tamaño, forma) no cambian.

#### **B. Sedimentación de partículas floculentas.**

Las partículas floculentas se dan cuando se aglomeran por consecuencia de las partículas coloidales desestabilizadas al adicionar un agente químico. De manera diferente a las partículas discretas, que durante su caída este tipo de partículas cambian sus características (tamaño, densidad, forma). El transcurso de depósito de partículas floculentas se le denomina decantación o sedimentación floculenta. La clarificación de aguas se da por este tipo de sedimentación, donde el proceso se realiza en el intervalo entre la decantación y coagulación - floculación (34).

### C. Sedimentación por caída libre e interrumpida.

Se da debido a que las partículas tienen una concentración baja en el agua, también se colocan sin obstaculizar por lo cual el fenómeno se llama caída libre. Por lo contrario, cuando las partículas tienen una concentración alta, se generan colisiones que se sostienen desde un lugar fijo y surge un depósito masivo en un sitio individual. A este transcurso de sedimentación, se le denomina caída interferida, depósito o sedimentación zonal (34).

#### **2.2.11. Estudio con la prueba de Jarra**

Esta prueba se usa mediante el tratamiento de floculación – coagulación con el objetivo de comprobar si la muestra del agua residual puede ser tratada de manera rentable y eficiente y así mejorar la calidad del agua. También son utilizadas para poder identificar una dosis adecuada del coagulante para el proceso de tratamiento en el laboratorio. En la prueba, el agua residual se coloca en vasos precipitados y se agrega sucesivamente cantidades variadas de coagulante.

El equipo generalmente posee una serie de 6 ejes agitadores de varilla, se somete en jarras o vasos para una mezcla rápida y luego de lenta, con el fin de ayudar en la formación de flóculos. Después de un tiempo determinado los vasos se dejan en reposo y así se puede analizar los lodos producidos y la sobrenadante (35).

También conocido como Jar – Test, que permite obtener una buena calidad de agua, que fácilmente se separa por decantación, cuando las diferentes dosis de coagulantes forman los flóculos dan como resultado diferentes valores de turbiedad (36).

- Sistema de agitación.

La variable principal de la prueba de jarras es por la fuerza de agitación que se manifiesta por la inclinación del movimiento del agua.

- Iluminación

Es necesario una buena iluminación para así mirar el flóculo que se forma en las jarras o vasos, ya que estos deben de estar en una base blanca y deben ser iluminadas en dirección a un ángulo que esté a dirección del observador, es decir, encima o debajo de las jarras.

### 2.2.12. Obtención del coagulante cactáceo *Opuntia floccosa*

El proceso que se llevará a cabo en el estudio es el siguiente (16):

- ❖ Colectar el cactáceo *Opuntia floccosa*.
- ❖ Eliminar los gloquidios, espinas y lavar el cactáceo.
- ❖ Pelar la medula y trozar el cactáceo.
- ❖ Secar.
- ❖ Moler.
- ❖ Tamizar.
- ❖ Coagulante.

#### 2.2.12.1. Caracterización del Coagulante

Tabla 2 Análisis Químico proximal del coagulante del cactáceo *Opuntia floccosa*

| PARÁMETRO     | PORCENTAJE (%) |
|---------------|----------------|
| Humedad       | 7.37           |
| Fibra         | 0.22           |
| Proteína      | 0.17           |
| Ceniza        | 3.60           |
| Grasa         | 0.93           |
| Carbohidratos | 87.71          |

Fuente: (16)

En la tabla 2, según Caparachin Q. y Escobar S. se muestra el análisis químico proximal del cactáceo *Opuntia floccosa*, donde se puede visualizar que tiene un gran porcentaje de carbohidratos de 87.71%, con humedad de 7.37% y los demás elementos tienen bajas cantidades: fibra 0.22%, proteína 0.17%, ceniza 3.60% y grasa 0.93%.

## **2.3. Definición de términos básicos**

### **2.3.1. pH**

“Es una escala que especifica la alcalinidad o acidez del agua indicando la densidad de iones de hidrógeno en el agua” (37).

### **2.3.2. Sedimentación**

Según Pérez L., en su informe titulado “Teoría de la sedimentación”, menciona que es un proceso natural donde las partículas más pesadas se encuentran en suspensión en el agua, y estas son removidas mediante el acto gravedad (38).

### **2.3.3. Turbidez**

Según Gonzáles C. quien en su informe titulado “La turbidez”, menciona que es la “medición de la cantidad de sólidos que se encuentran suspendidos en el agua” (39).

### **2.3.4. Mezcla rápida**

Según De Vargas L., en el capítulo 5: Mezcla Rápida, “tiene como finalidad producir movimiento o turbulencia en la jarra del líquido contenido para colocar en contacto con el coagulante y las partículas coloidales del agua, para así desestabilizar, neutralizar y hacer que se junten en un tiempo corto”(40).

### **2.3.5. Mezcla lenta**

De acuerdo con Lorenzo Y., en su investigación menciona que la mezcla lenta “generalmente, no excede los 15 min. para el tiempo de mezcla, cuando hay tiempo excesivo puede generarse calentamiento en la muestra para así generar una floculación más eficiente, pero también puede generar una sedimentación pobre, ya que puede producir que los gases disueltos se liberen en el agua, produciendo burbujas que se adhieran a los flóculos y hacerlos flotar” (27).

### **2.3.6. Clarificación del agua**

Según Cogollo J. en su artículo de investigación titulada “Clarificación de aguas usando coagulantes polimerizados caso del Hidroxicloruro de Aluminio”, menciona que, retira los sólidos suspendidos como sólidos divididos finamente y los elementos coloidales transformándolos en partículas de gran tamaño para realizar la remoción con mayor efectividad (37)

### **2.3.7. Agua contaminada**

“Es aquella que sufre variación en su composición hasta quedar deteriorado, sin poder ser usado para actividades esenciales” (41).

### **2.3.8. Coagulación**

Según Cárdenas Y. en su informe titulado “Tratamiento de agua: Coagulación y Floculación”, señala que, es cuando las partículas coloidales neutralizan las fuerzas que se sostienen alejados, cuando se aplica la energía de mezclado y se agrega coagulantes químicos (31).

### **2.3.9. Floculación**

Según Cárdenas Y. en su informe titulado “Tratamiento de agua: Coagulación y Floculación”, señala que consiste en agitar una masa coagulada que permite la aglomeración y el crecimiento de los flocs con el fin de que el peso y el tamaño aumente para así facilitar la sedimentación (31)

### **2.3.10. Coagulante**

Según Barrenechea A. en su libro en el Capítulo 4: Coagulación, sustenta que es cuando se agrega sustancias al agua que ayudan a formar coloides para luego sedimentarse (42).

### **2.3.11. Efluente**

“Son aguas residuales que son desembocados por viviendas y/o industrias usualmente a cursos de agua” (43).

### **2.3.12. Muestra simple**

“Es tomada en un sitio determinado y solo una vez, para analizarla individualmente” (44).

### **2.3.13. Muestra compuesta**

“Es extraída de varios lugares y en diferentes momentos, estas son mezcladas para así formar una sola mezcla” (44).

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Método y alcance de la investigación**

##### **3.1.1. Método**

###### **3.1.1.1. Método general**

El método general es científico, ya que sigue los procedimientos desde la búsqueda del problema, objetivos, hipótesis y su validación correspondiente para la formulación de las conclusiones. Ruiz R. menciona que este método “Es una de las partes de las ciencias de la conducta cuyo propósito es comprender, explicar, predecir la práctica social, dentro de una realidad social compleja, multivariada [...] que nos guiará a escoger las metodologías, perspectivas científicas correctas” (45). De tal manera esta investigación tiene el corte científico porque nos guiará a elegir la metodología correcta.

También el método es inductivo experimental, porque se realizará el análisis de las hipótesis específicas hacia la general, como Bernal T. refiere que este método “utiliza el razonamiento para obtener conclusiones que parten de hechos particulares aceptados como válidos, para llegar a conclusiones, cuya aplicación sea de carácter general. El método se inicia con un estudio individual de los hechos y se formulan conclusiones universales que se postulan como leyes, principios o fundamentos de una teoría” (46).

###### **3.1.1.2. Método específico**

El método específico que se va aplicar es observacional y experimental (47), donde la observación nos va servir para describir y explicar lo que se está observando, así como también el investigador va a relacionar la conducta observada con la

experimentación que se va hacer en el estudio, donde se complementaría con el método experimental detalladamente(48), para mostrar el escenario experimental, mostraremos su validación.

### **3.1.2. Tipo de la investigación**

Es aplicada, según Baena G. menciona que “La investigación aplicada puede integrar una teoría antes existente. La resolución de problemas echa mano típicamente de muchas ciencias, puesto que el problema es algo concreto y no se puede resolver mediante la aplicación de principios abstractos de una sola ciencia...” (49).

Esta investigación, se trabajará en base a una metodología que ya se aplicó en otras investigaciones, de tal manera esto nos ayudará a obtener buenos resultados con la aplicación del coagulante para la remoción del contaminante.

### **3.1.3. Nivel**

Es de nivel explicativo, al respecto Gómez M. señala que este nivel está dirigido a encontrar las causas de los eventos o fenómenos, la cual intenta establecer una relación causa - efecto(50), asimismo Hernández Sampieri menciona “las investigaciones explicativas son más estructuradas que los estudios con los demás alcances y, de hecho, implican los propósitos de éstos (exploración, descripción y correlación o asociación); además de que proporcionan un sentido de entendimiento del fenómeno a que hacen referencia”(51). Por lo tanto, esta investigación va evidenciar la eficiencia del coagulante para la remoción de la sílice en las muestras de agua residual de la minería no metálica.

## 3.2. Diseño de la Investigación

### 3.2.1. Diseño experimental

La investigación es experimental, según Hernández Sampieri, menciona que consiste en manipular de manera intencional las variables independientes, para que se analice los resultados de cómo actúan sobre las variables dependientes, esta situación se da bajo el control del investigador (51).

#### 3.2.1.1. Cuasi experimental

La investigación es Cuasi experimental con una prueba antes y después del experimento con tres repeticiones:

GC<sub>1</sub>: O<sub>1</sub> -- O<sub>2</sub>

GE<sub>2</sub>: O<sub>1</sub> x<sub>1</sub> O<sub>3</sub>

GE<sub>3</sub>: O<sub>1</sub> x<sub>2</sub> O<sub>4</sub>

GE<sub>4</sub>: O<sub>1</sub> x<sub>3</sub> O<sub>5</sub>

GE<sub>5</sub>: O<sub>1</sub> x<sub>4</sub> O<sub>6</sub>

GE<sub>6</sub>: O<sub>1</sub> x<sub>5</sub> O<sub>7</sub>

Donde:

GE = Muestra de investigación

GC = Grupo control sin tratamiento

O1 y O2 = Pruebas antes y después del experimento

X = Aplicación del experimento

Esta investigación se realizará con un grupo de control sin tratamiento y cinco grupos de control con tratamiento, aplicando diferentes cantidades del coagulante natural cactáceo *Opuntia floccosa*, en la cual se realiza tres repeticiones a cada grupo de investigación, también tendremos dos tiempos de coagulación que serán de 2 y 4 min donde se podrá determinar el tiempo adecuado de coagulación para remoción de sílice.

### **3.3. Población y muestra**

#### **3.3.1. Población**

Según Gallardo la población es “un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para las cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación” (52).

Nuestra población es el agua residual de la empresa minera no metálica Sílice Industrial Comercial S.A. Pachacayo - Jauja y para su identificación se buscó un aspecto ambiental, como es la descarga del efluente que pueda dañar los recursos hídricos y otras relacionadas con el ecosistema.

#### **3.3.2. Muestra**

Según Gallardo la muestra es “un subconjunto representativo y finito que se extrae de algunas variables o fenómenos de la población” (52).

La cantidad de muestras que se va a elegir será de manera no probabilística, la cual será por conveniencia debido a las características del agua. La muestra fue tomada en época de estiaje ya que es el más representativo de la temporada debido a la poca precipitación y se tomó como referencia el “Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales”, la cual nos indica la cantidad de muestras para este tipo de estudio (53), en el punto del desfogue del efluente de la empresa minera para la aplicación a lo establecido, se realizó la toma de muestra para la investigación mediante 5 muestras compuestas durante un día, de donde se extrajo 2 litros de agua cada 30 min en un transcurso de 2 horas. Sacando una muestra de agua homogénea de 8 litros, obteniendo 40 litros al día, para la caracterización de las aguas y realizar el análisis del estudio.

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

#### **3.4.1. Equipos, materiales y reactivos**

##### **3.4.1.1. Equipos de laboratorio**

- Balanza de precisión
- Balanza analítica
- Estufa eléctrica
- Molino
- Tamizador

##### **3.4.1.2. Materiales**

- ❖ Jarras (plástico)
- ❖ Termómetro
- ❖ Probeta
- ❖ Papel toalla
- ❖ Varilla
- ❖ Guantes quirúrgicos
- ❖ Papel filtro
- ❖ Papel craft
- ❖ Tamiz
- ❖ Bolsa cierre zip
- ❖ Botellas
- ❖ Bolsas
- ❖ Cuchillos
- ❖ Etiquetas
- ❖ Baldes

##### **3.4.1.3. Reactivos**

- Agua destilada

### 3.4.2. Técnicas

- \* Observación
- \* Protocolo de muestreo

Es un material de suma importancia que se utiliza para evaluar la calidad del agua y tiene información que sirva para utilizar en el proceso de muestreo.

### 3.4.3. Instrumentos

- \* **Cadena custodia:** conjunto de medidas que ayudara a preservar la identidad y la integridad de las muestras.
- \* **Ficha de registro de datos:** recolección de datos de las muestras.
- \* **Conductímetro:** medición de la conductividad eléctrica.

### 3.4.4. Técnicas de análisis y proceso de datos

Para el análisis y el procesamiento de los datos se utilizó los programas de SPSS y Excel, donde se introdujeron los datos obtenidos por el laboratorio de análisis.

El estudio estadístico empleado fue el ANOVA para determinar si el coagulante cactáceo *Opuntia floccosa* es eficiente para la remoción de sílice a diferentes cantidades del coagulante, se aplicó la prueba de comparación de medias por el método Post Hoc para determinar el mejor resultado del tratamiento, también se utilizó la prueba de Kruskal Ways (no paramétrica).

### 3.4.5. Eficiencia del coagulante Cactáceo *Opuntia floccosa* para la remoción de sílice

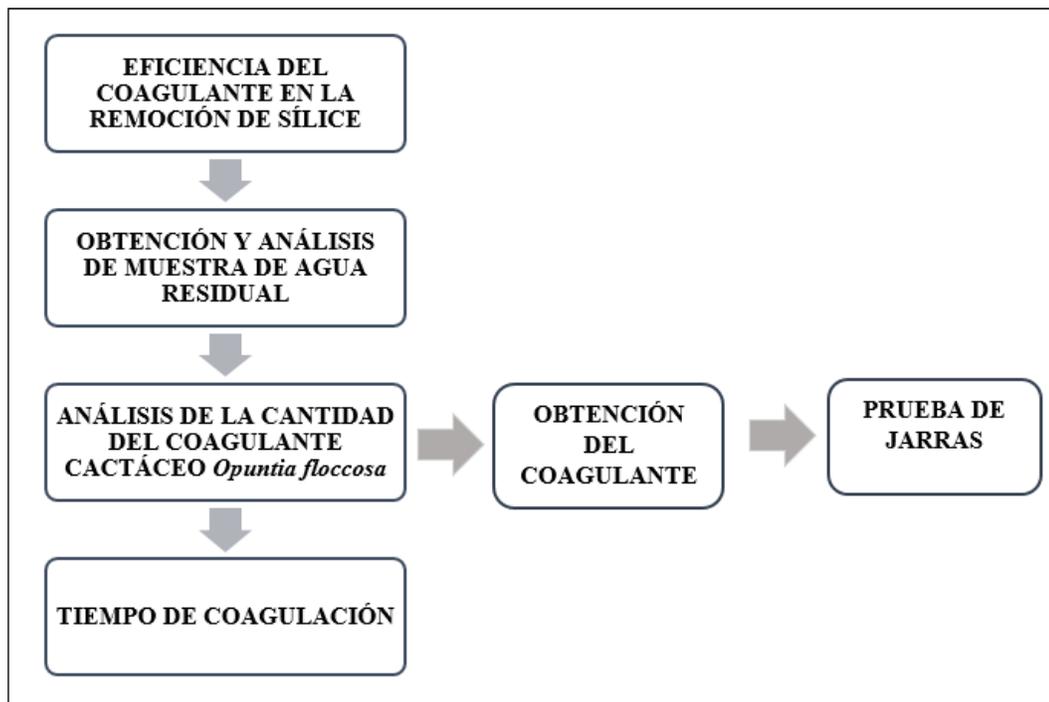


Figura 3. Flujograma de la eficiencia del coagulante.

Fuente: Elaboración propia

#### 3.4.5.1. Obtención y análisis de muestra de agua residual

La obtención de la muestra inicial se realizó en el efluente de la empresa minera no metálica Sílice Industrial Comercial S.A. que está ubicada en la localidad de Pachacayo, perteneciente al distrito de Canchayllo, provincia de Jauja. Para la adquisición de la cantidad de muestras se tomó como referencia el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, ejecutando los siguientes pasos:

#### A. Punto de vertimiento

El punto de extracción para la toma de la muestra, se eligió el efluente de la minera no metálica Sílice Industrial Comercial S.A.



**Figura 4. Punto de monitoreo de la muestra.**  
**Fuente: Fotografía tomada el 23 de agosto del 2021**

#### B. Extracción y tiempo de muestreo

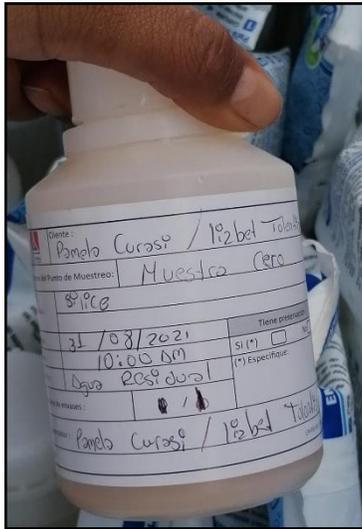
Se utilizó un balde para sacar la muestra del agua, en la cual se realizó la toma de 5 muestras compuestas durante un día, y se extrajo 2 litros de agua cada 30 min en el transcurso de 2 horas. Sacando una muestra de agua homogénea de 8 litros y obteniendo 40 litros al día.



**Figura 5. Extracción de muestras**  
**Fuente: Fotografía tomada el 31 de agosto del 2021**

### C. Etiquetado de la muestra

Se realizó el proceso de etiquetado a la muestra cero.



**Figure 6. Etiquetado de**

**Fuente: Fotografía tomada 23 de agosto del 2021**

### D. Conservación de la muestra

Se realizó la preservación de la muestra de acuerdo al protocolo y luego fue llevada al laboratorio para determinar la concentración de sílice en la muestra inicial.



**Figura 7. Conservación de muestra**

**Fuente: Fotografía tomada el 23 de agosto del 2021**

### 3.4.5.2. Análisis de la cantidad del coagulante cactáceo *Opuntia floccosa*

#### A. Obtención del coagulante cactáceo *Opuntia floccosa*

Se obtuvo el coagulante *Cactáceo Opuntia floccosa* siguiendo los procesos mencionados en la figura, donde pudimos aplicar el método empleado por Caparachin E. y Escobar J. en su investigación (16).

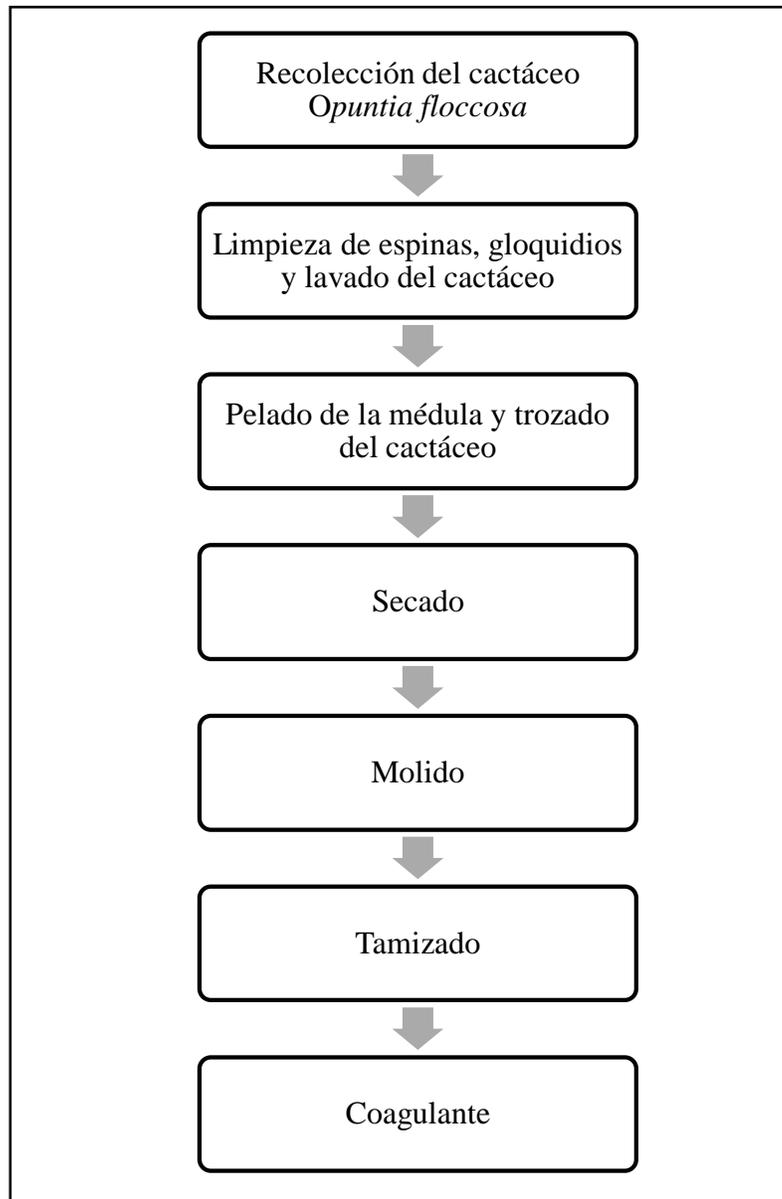


Figura 8. Proceso de la obtención del coagulante cactáceo *Opuntia floccosa*  
Fuente: Elaboración propia

❖ Recolección del cactáceo *Opuntia floccosa*

Se extrajo el cactáceo *Opuntia floccosa* de las punas de Chongos Alto.



**Figura 9. Recolección de cactáceo *Opuntia floccosa*.  
Fuente: Fotografía tomada el 17 de julio del 2021.**

❖ Limpieza de espinas, gloquidios y lavado del cactáceo

Luego se eliminó los gloquidios y las espinas del cactus para después ser lavados con agua y así limpiar el exceso de tierra. Seguidamente se procedió a pesar las muestras



**Figura 10. Limpieza de espinas, eliminación de gloquidios y lavado del cactáceo.**

**Fuente: Fotografía tomada el 17 de julio del 2021**

❖ Pelado de la médula y trozado del cactáceo.

Se peló la cutícula externa del cactáceo y se segmentó en trozos pequeños (1 cm x 1 cm aprox.) utilizando cuchillo.



**Figure 11. Pelado de la médula y trozado del cactáceo.**

**Fuente: Fotografía tomada el 19 de julio del 2021**

❖ Secado

Las muestras trozadas fueron colocadas en una estufa (temperatura de 60 °C y en un tiempo de 48 horas) para poder ser secado.



**Figure 12. Secado de cactus.**

**Fuente: Fotografía tomada 21 de julio del 2021.**

❖ **Molido y tamizado**

En este proceso se molió hasta que se consiguió un polvo granulado, luego pasamos a tamizar para poder asegurar que el diámetro de las partículas sea  $< 0,5$  mm, usando un tamiz Tyler normalizado malla número 45.

❖ **Coagulante**

Se obtuvo un polvo con un color marfil como se muestra en la figura 13.



**Figura 13. Molido y tamizado**

**Fuente: Fotografía tomada el 30 de julio del 2021.**

**B. Prueba de Jarras**

En la etapa de “prueba de Jarras” se utilizó diferentes cantidades del coagulante teniendo como referencia los antecedentes con el fin de determinar la cantidad adecuada para la remoción de sílice. Este proceso fue en base al libro de Arboleda J. en el cual se siguió los siguientes procesos:

- a. Se llenaron los recipientes de plástico de un 1 litro con muestras de agua de sílice.

- b. Seguidamente se procedió a agregar el coagulante en cantidades crecientes (0 g, 1 g, 2 g, 3 g, 4 g, 5 g) en las muestras de agua residual.
- c. Luego se colocaron las paletas en los recipientes y se programó el equipo a una velocidad de 100 RPM, donde se trabajó en dos tiempos de coagulación (2 y 4 minutos).
- d. Para la floculación se redujo a una velocidad de 50 RPM en un tiempo de 15 min para todas las muestras.
- e. Después se retiraron las muestras para realizar la sedimentación en un tiempo de 30 minutos.
- f. Por último, se llenaron en los envases cada tratamiento con sus respectivas etiquetas codificadas para luego ser llevadas al laboratorio para el análisis correspondiente.

A cada muestra de tratamiento se le realizó tres repeticiones para conseguir un resultado más confiable.

#### **3.4.5.3. Tiempo de coagulación**

Para determinar el tiempo adecuado de coagulación se utilizó el coagulante Cactáceo *opuntia floccosa* en diferentes cantidades ascendientes (0 g, 1 g, 2 g, 3 g, 4 g, 5 g), aplicando a las muestras para el tratamiento de las aguas, se trabajó con el método de prueba de jarras la cual tiene los siguientes procesos: coagulación, floculación y sedimentación, en el proceso de coagulación se trabajó en dos tiempos de 2 y 4 min, determinando así el tiempo adecuado para la remoción de sílice. Para los tiempos mencionados se trabajó en base a las investigaciones de Caparachin E. y Gabino R.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADO Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información

##### 4.1.1. Concentración de la sílice del efluente de la minera

Para el análisis de la concentración de la sílice se realizó la toma de muestra del punto de vertimiento según el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la calidad de los Recursos Hídricos Superficiales.

Tabla 3. Concentración de la Sílice

| PARÁMETRO | CONCENTRACIÓN |
|-----------|---------------|
| Sílice    | 3.3047 mg/L   |

Fuente: Informe de análisis del laboratorio

En la Tabla 3. se muestra los resultados de la concentración inicial de la Sílice 3.3047 mg/L.

##### 4.1.2. Resultados de remoción de sílice

La concentración de la sílice con relación a la dosis y el tiempo de coagulación natural, se muestra en las siguientes tablas.

#### A. Concentración de sílice en un tiempo de coagulación de 2 min

Tabla 4: Concentración de sílice en un tiempo de coagulación de 2 min.

|                             | TC      | TI      | TII     | TIII    | TIV     | TV      |
|-----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| I (ppm SiO <sub>2</sub> )   | 2.8385  | 2.8555  | 2.8441  | 2.7065  | 3.0403  | 3.3005  |
| II (ppm SiO <sub>2</sub> )  | 2.8724  | 2.9083  | 2.8045  | 3.2025  | 3.0723  | 3.3703  |
| III (ppm SiO <sub>2</sub> ) | 2.8196  | 2.846   | 2.8291  | 3.2327  | 3.31    | 3.4043  |
| <b>PROMEDIO</b>             | 2.84350 | 2.86993 | 2.82590 | 3.04723 | 3.14087 | 3.35837 |

Fuente: Informe de análisis del laboratorio

En la tabla 4. Se muestran los resultados de la concentración de sílice en un tiempo de coagulación de 2 minutos con diferentes dosis de coagulante de 0 g/L, 1 g/L, 2 g/L, 3 g/L, 4 g/L, 5 g/L. En el TV se obtuvo un resultado de 3.35837 mg/L con 5 g/L de coagulante teniendo una menor reducción de sílice y el TII fue de 2.82590 mg/L con 2 g/L de coagulante, siendo este el que obtuvo una mayor reducción de sílice en el tratamiento.

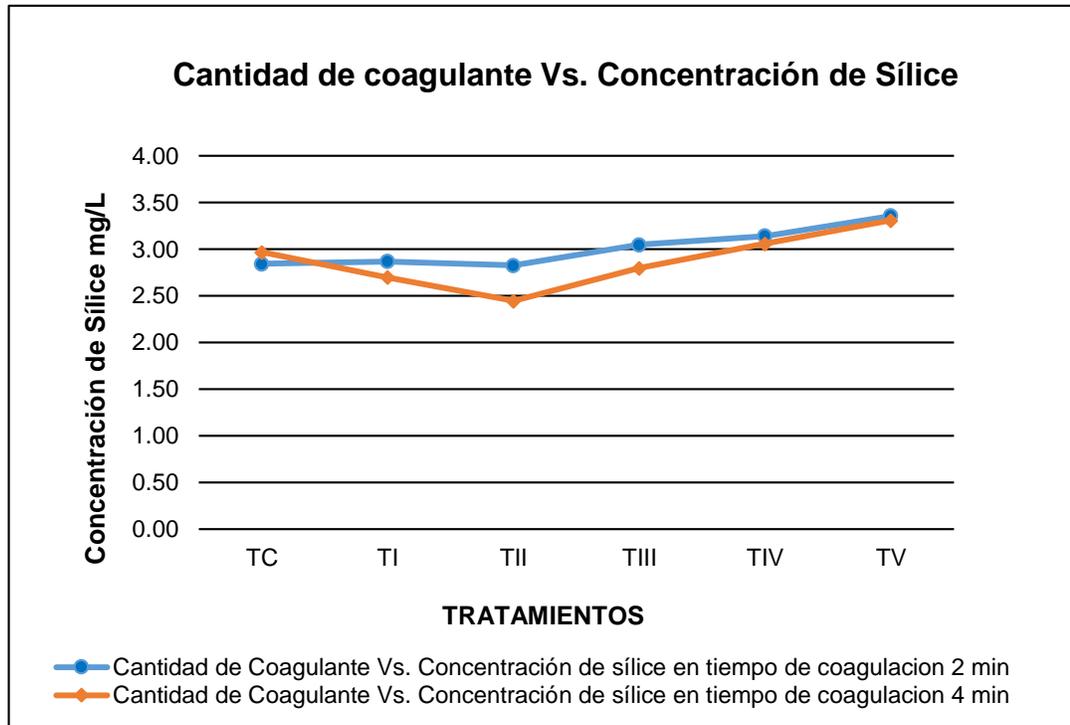
#### B. Concentración de sílice en un tiempo de coagulación de 4 min

**Tabla 5. Concentración de sílice en un tiempo de coagulación de 4 min.**

|                             | <b>TC</b> | <b>TI</b> | <b>TII</b> | <b>TIII</b> | <b>TIV</b> | <b>TV</b> |
|-----------------------------|-----------|-----------|------------|-------------|------------|-----------|
| I (ppm SiO <sub>2</sub> )   | 3.0309    | 2.7623    | 2.2161     | 2.9064      | 2.9026     | 3.4194    |
| II (ppm SiO <sub>2</sub> )  | 2.9215    | 2.6461    | 2.284      | 2.5744      | 3.1987     | 3.2685    |
| III (ppm SiO <sub>2</sub> ) | 2.9573    | 2.6895    | 2.8347     | 2.9101      | 3.0799     | 3.2383    |
| <b>PROMEDIO</b>             | 2.9699    | 2.6993    | 2.4449     | 2.7970      | 3.0604     | 3.3087    |

**Fuente: Informe de análisis del laboratorio**

En la tabla 5. Se muestra los resultados de la concentración de sílice en un tiempo de coagulación de 4 minutos, en el TV, se obtuvo un resultado de 3.3087 mg/L con 5 g/L de coagulante, teniendo una menor reducción de sílice y el TII fue de 2.4449 mg/L con 2 g/L de coagulante siendo este el que obtuvo una mayor reducción de sílice en el tratamiento.



**Figura 15. Grafica de la cantidad del coagulante en función a la concentración de sílice (mg/L) en un tiempo de coagulación de 2 y 4 min.**

**Fuente: Elaboración propia**

En la figura 15. Se muestra las concentraciones de sílice y la cantidad del coagulante con los datos obtenidos en función al tratamiento, con un tiempo de coagulación de 2 min y 4 min, donde se observa en el TII hay mayor reducción de sílice (2.4449 mg/L) con 2 g/L de coagulante en un tiempo de coagulación de 4 min, a diferencia con el tiempo de coagulación de 2 min fue (2.8259 mg/L).

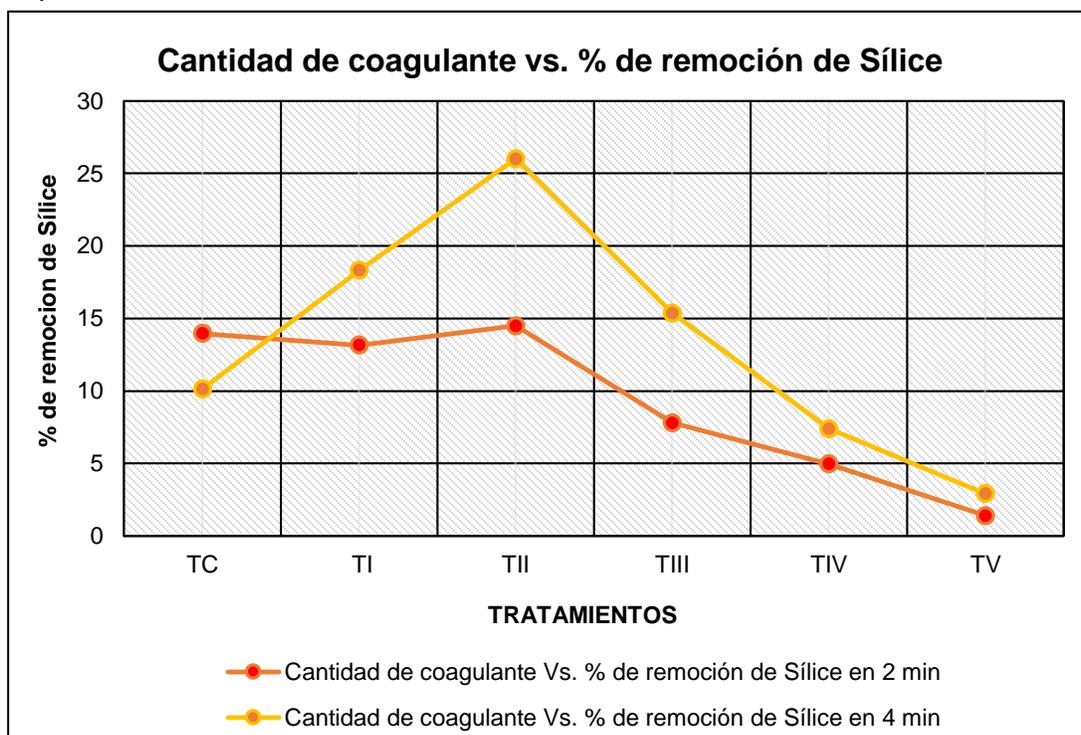
### 4.1.3. Cantidad del coagulante y tiempo de coagulación para la remoción de sílice

Tabla 6. Porcentaje de remoción de sílice en un tiempo de coagulación de 2 y 4 min.

| TRATAMIENTO | CONCENTRACIÓN DE SÍLICE INICIAL (mg/L) | CONCENTRACIÓN DE SÍLICE FINAL (mg/L) | % DE SÍLICE FINAL | % DE REMOCIÓN DE SÍLICE |
|-------------|--|--------------------------------------|-------------------|-------------------------|
| TC-A        | 3.3047                                 | 2.8435                               | 86.04             | 13.96                   |
| TC-B        | 3.3047                                 | 2.9699                               | 89.87             | 10.13                   |
| TI-A        | 3.3047                                 | 2.8699                               | 86.84             | 13.16                   |
| TI-B        | 3.3047                                 | 2.6993                               | 81.68             | 18.32                   |
| TII-A       | 3.3047                                 | 2.8259                               | 85.51             | 14.49                   |
| TII-B       | 3.3047                                 | 2.4449                               | 73.98             | 26.02                   |
| TIII-A      | 3.3047                                 | 3.0472                               | 92.21             | 7.79                    |
| TIII-B      | 3.3047                                 | 2.7970                               | 84.64             | 15.36                   |
| TIV-A       | 3.3047                                 | 3.1409                               | 95.04             | 4.96                    |
| TIV-B       | 3.3047                                 | 3.0604                               | 92.61             | 7.39                    |
| TV-A        | 3.3047                                 | 3.2584                               | 98.5980           | 1.4020                  |
| TV-B        | 3.3047                                 | 3.2087                               | 97.0950           | 2.9050                  |

Fuente: Informe de análisis de laboratorio

En la tabla 6, observamos los resultados de remoción de sílice en un tiempo de coagulación de 2 y 4 min con un tratamiento de control y cinco cantidades diferentes de coagulante. En el tratamiento 2B se aplicó 2 g/L del coagulante en un tiempo de 4 minutos donde ha influido en la remoción de sílice, dando como resultado en la concentración de 2.4449 ppm removiendo en total el 26 %, siendo este el mejor porcentaje alcanzado en el tratamiento, el cual nos ayudó a evidenciar que el coagulante cactáceo *Opuntia floccosa* influye en la remoción de sílice en la minera no metálica SICSA



**Figura 16. Representación de la cantidad de coagulante en función al porcentaje de remoción de sílice en un tiempo de coagulación de 2 y 4 min.**

**Fuente: Elaboración propia**

Se muestra en la figura 16, los datos obtenidos del tratamiento de la cantidad de remoción de sílice y la cantidad de coagulante con un tiempo de coagulación de 2 y 4 min, donde se observa en el TII hay mayor porcentaje reducción de sílice (26.02 %) con 2 g/L de coagulante en un tiempo de coagulación de 4 min a diferencia al tiempo de coagulación de 2 min que tuvo un porcentaje (14.49 %). De esta manera podemos decir que a mayor cantidad de tiempo y menor cantidad de coagulante tendrá un mayor porcentaje de remoción.

## 4.2. Prueba de hipótesis

### 4.2.1. Prueba de hipótesis general

#### 4.2.1.1. Tiempo de coagulación de 2 MIN

##### i. Hipótesis de investigación

Probar si el coagulante cactáceo *Opuntia floccosa* influye eficientemente en la remoción de sílice con un tiempo de coagulación de 2 min.

##### ii. Prueba de normalidad

Tabla 7. Prueba de normalidad

|                          | Tratamientos                 | Shapiro-Wilk n<=50 |    |       |
|--------------------------|------------------------------|--------------------|----|-------|
|                          |                              | Estadístico        | gl | Sig.  |
| concentració<br>n_sílice | Tratamiento control-<br>2min | 0.987              | 3  | 0.780 |
|                          | Tratamiento I-2min           | 0.871              | 3  | 0.298 |
|                          | Tratamiento II-2min          | 0.923              | 3  | 0.463 |
|                          | Tratamiento III-2min         | 0.793              | 3  | 0.098 |
|                          | Tratamiento IV-2min          | 0.832              | 3  | 0.194 |
|                          | Tratamiento V-2min           | 0.949              | 3  | 0.567 |

Fuente: Elaboración propia

Siendo el número de datos menor a 50 se elige aplicar la prueba de Shapiro-wilk para decidir que los datos de la variable son normales. En la tabla 7, se muestra que el Sig. (P value) es mayor a  $\alpha=0.05$  entonces en los seis grupos observamos que tienen una distribución normal, entonces se aplica la prueba paramétrica de ANOVA.

##### iii. Nivel de significancia

El nivel de significancia es de  $\alpha=0.05=5\%$

iv. **Hipótesis estadístico**

**H<sub>0</sub>:** en los grupos el coagulante no influye de manera significativa en la remoción de sílice en un tiempo de coagulación de 2 min.

**H<sub>1</sub>:** por los menos en un grupo el coagulante influye de manera significativa en la remoción de sílice en un tiempo de coagulación de 2 min.

v. **Prueba de análisis de varianza**

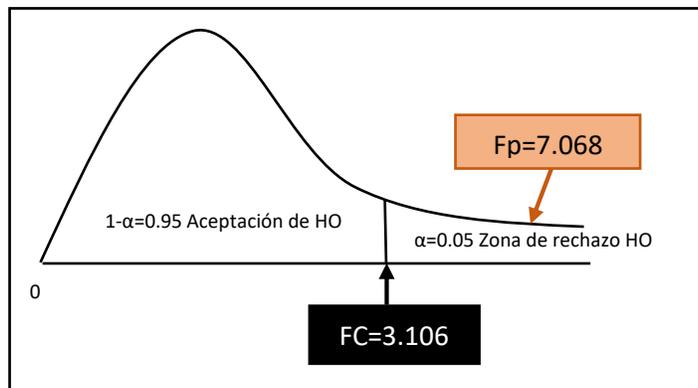
**Tabla 8. Prueba de hipótesis de los tratamientos en un tiempo de coagulación de 2 min.**

| ANOVA                   |                   |    |                  |      |       |
|-------------------------|-------------------|----|------------------|------|-------|
| Concentración de sílice |                   |    |                  |      |       |
|                         | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F    | Sig.  |
| Entre grupos            | 0.659             | 5  | 0.132            | 7.06 | 0.003 |
| Dentro de grupos        | 0.224             | 12 | 0.019            |      |       |
| Total                   | 0.883             | 17 |                  |      |       |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 8. Se observa que Pvalor(sig.) =0.003 es menor que  $\alpha=0.05$  entonces se rechaza la H<sub>0</sub> y se acepta H<sub>1</sub>.

vi. **Representación gráfica**



**Figure 17. Campana de Gauss para la hipótesis**

Fuente: Elaboración propia

En la figura 17, muestra que la  $F(p)$  cae en zona de rechazo la  $H_0$  y acepta la  $H_1$  entonces como en la hipótesis menciona por lo menos en un grupo el coagulante influye de manera significativa en la remoción de sílice en un tiempo de coagulación de 2 min, se requiere la prueba Pos Hoc (DMS, Duncan).

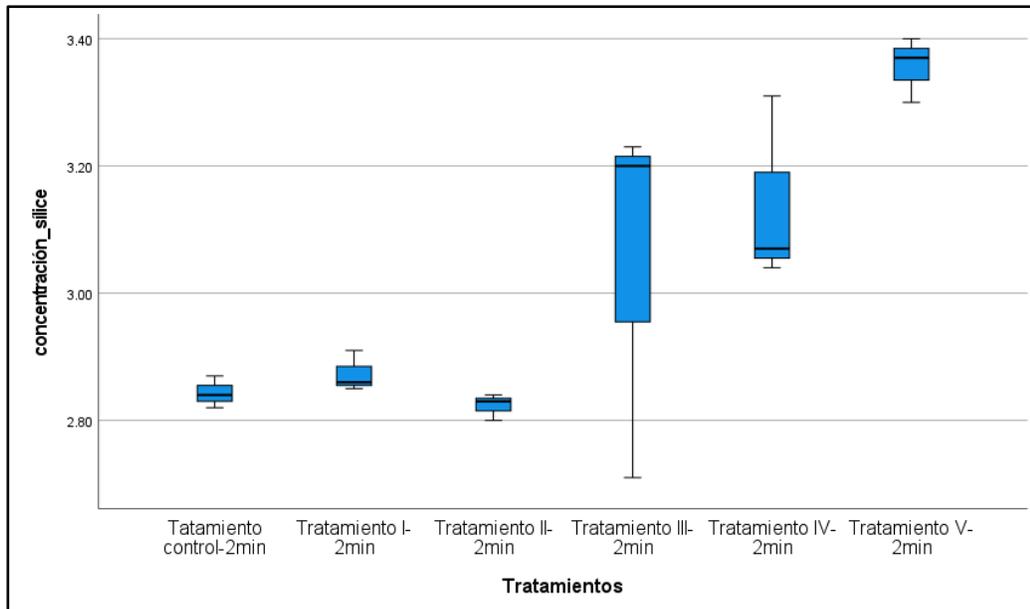
## vii. Prueba Pos Hoc

**Tabla 9. Evaluación de subconjuntos homogéneos entre los tratamientos en tiempo de coagulación de 2 minutos.**

|            |                     | Subconjunto para alfa = 0.05 |        |        |        |
|------------|---------------------|------------------------------|--------|--------|--------|
|            | Tratamientos        | N                            | 1      | 2      | 3      |
| Dunca<br>n | Tratamiento II      | 3                            | 2.8233 |        |        |
|            | Tratamiento control | 3                            | 2.8433 |        |        |
|            | Tratamiento I       | 3                            | 2.8733 |        |        |
|            | Tratamiento III     | 3                            | 3.0467 | 3.0467 |        |
|            | Tratamiento IV      | 3                            |        | 3.1400 | 3.1400 |
|            | Tratamiento v       | 3                            |        |        | 3.3567 |
|            | Sig.                |                              | 0.087  | 0.419  | 0.076  |

**Fuente: Elaboración propia**

En la tabla 9, podemos inferir que en los tratamientos II, I, III y el tratamiento de control son significativamente iguales ya que pertenecen al grupo 1 ( $\text{sig}=0.087$ ) pero son menores a los demás grupos, los tratamientos III y IV son significativamente iguales y pertenecen al grupo 2 ( $\text{sig}=0.419$ ), los tratamientos IV y V son significativamente iguales y pertenecen al grupo 3 ( $\text{sig}=0.076$ ). Asimismo, se puede inferir que en el tratamiento II (2.8233) tienen menor concentración de sílice entonces se puede decir que el coagulante cactáceo *Opuntia floccosa* es eficiente en la remoción de sílice en un tiempo de coagulación de 2 min.



**Figura 18. Comparación de concentraciones de la sílice en los tratamientos en un tiempo de coagulación de 2 minutos.**

**Fuente: Elaboración propia**

En la figura 18, se observa que la concentración más baja es el tratamiento II – 2 min (2.8233) con una cantidad de 2 g/L. de coagulante y la concentración alta es el tratamiento V – 2 (3.3567) con una cantidad de 5 g/L. del coagulante cactáceo *Opuntia floccosa*, también se puede inferir que a mayor cantidad de coagulante menor remoción de la concentración de sílice.

#### 4.2.1.2. Tiempo de coagulación de 4 min

##### i. Hipótesis de investigación

Probar si el coagulante cactáceo *Opuntia floccosa* influye eficientemente en la remoción de sílice en un tiempo de coagulación de 4 min.

##### ii. Prueba de normalidad

Tabla 10. Prueba de normalidad.

|                          |                          | Shapiro-Wilk $n \leq 50$ |    |       |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----|-------|
|                          | Tratamientos             | Estadístico              | gl | Sig.  |
| concentración<br>_sílice | Tratamiento control-4min | 0.976                    | 3  | 0.702 |
|                          | Tratamiento I-4min       | 0.976                    | 3  | 0.702 |
|                          | Tratamiento II-4min      | 0.823                    | 3  | 0.171 |
|                          | Tratamiento III-4min     | 0.750                    | 3  | 0.000 |
|                          | Tratamiento IV-4min      | 0.987                    | 3  | 0.780 |
|                          | Tratamiento V-4min       | 0.871                    | 3  | 0.298 |

Fuente: Elaboración propia

Siendo el número de datos menor a 50 se elige aplicar la prueba de Shapiro-wilk para decidir que los datos de la variable son normales. En la tabla 10, se muestra que los 5 grupos el Sig. (P value) es mayor a  $\alpha=0.05$ , pero un grupo es menor (0.000) al  $\alpha=0.05$  entonces se considera que la distribución no es normal en los grupos observados, es así que se aplica la prueba no paramétrica (Kruskal-wallis).

##### iii. Nivel de significancia

El nivel de significancia es de  $\alpha=0.05=5\%$

#### iv. Hipótesis estadístico

**H<sub>0</sub>:** en los grupos el coagulante no influye de manera significativa en la remoción de sílice en un tiempo de coagulación de 4 min.

**H<sub>1</sub>:** por los menos en un grupo el coagulante influye de manera significativa en la remoción de sílice en un tiempo de coagulación de 4 min.

#### v. Prueba de Kruskal – Wallis

**Tabla 11. Rangos en prueba de Kruskal - Wallis.**

| <b>Rangos</b>        |                         |   |                |
|----------------------|-------------------------|---|----------------|
|                      | Tratamientos            | N | Rango promedio |
| concentración_sílice | Tatamiento control-4min | 3 | 12.00          |
|                      | Tratamiento I-4min      | 3 | 5.00           |
|                      | Tratamiento II-4min     | 3 | 3.33           |
|                      | Tratamiento III-4min    | 3 | 7.33           |
|                      | Tratamiento IV-4min     | 3 | 12.33          |
|                      | Tratamiento V-4min      | 3 | 17.00          |
|                      | Total                   |   | 18             |

**Fuente: Elaboración propia**

En la tabla 11, se muestra los grupos comparados de los tratamientos, en el rango de promedio el tratamiento II– 4min (3.33) tiene menor concentración de sílice y el tratamiento V-4min (17.00) tiene mayor concentración de sílice.

## vi. Estadístico de prueba

Tabla 12. Estadístico de contraste

|                     | concentración_sílice |
|---------------------|----------------------|
| H de Kruskal-Wallis | 14.067               |
| gl                  | 5                    |
| Sig. asin.          | 0.015                |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 12, se muestra que el Chi cuadrado = 14.067, grados de libertad = 5 y el nivel de significancia = 0.015, así mismo se puede inferir que la significancia 0.015 es menor a 0.05 por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. La muestra presenta evidencias suficientes para afirmar que en el Tratamiento II-4 min el coagulante cactáceo *Opuntia floccosa* influye de manera eficiente en la remoción de sílice en un tiempo de coagulación de 4 min, con un nivel de confianza del 95%.

## DISCUSIONES

La investigación titulada “Remoción de hierro de las aguas ácidas de la mina Carhuacayán mediante el coagulante del cactáceo *Opuntia floccosa* a nivel de laboratorio” (16), dio como resultado una mayor remoción de hierro después de la aplicación del coagulante, donde el mejor porcentaje que se obtuvo fue de 91.729%, y se pudo comprobar que al utilizar la concentración de 20 ppm en un tiempo de 5 minutos de coagulación se obtiene una mayor eficiencia. En los tratamientos que se realizaron a las aguas residuales del efluente de la minera no metálica SICSA para la remoción de sílice, se aplicó el coagulante cactáceo *Opuntia floccosa* en diferentes cantidades a las muestras, obteniendo como resultado del 26.017%, siendo este el mayor porcentaje de remoción. De tal manera se pudo evidenciar que el coagulante ha influido eficientemente, sin embargo, en la primera investigación se obtuvo una mayor efectividad en la remoción de hierro. También se observó que ambas investigaciones evidencian que entre más cantidad de coagulante menor cantidad de remoción.

En el trabajo de investigación de “Efectividad del mucílago liofilizado de *Austrocylindropuntia floccosa* en la disminución de la turbidez del agua del río Shullcas, Huancayo – 2019” señala que la turbidez inicial fue de 8.45 NTU y después de que aplicaron el coagulante 5 ppm, obtuvieron como resultado la disminución de turbidez 4.77 UNT en un porcentaje equivalente a 43.55%; mientras que en la presente investigación se encontró una concentración inicial de sílice en el agua de la minera no metálica SICSA de 3.304 mg/L y se obtuvo una mayor remoción de 2.44 mg/L con una dosis de 2g/L gramos de coagulante. Finalmente, se demostró la eficiencia del coagulante natural que se aplicó en ambas investigaciones tanto para la purificación del agua como para la remoción de sílice, de esta manera se demuestra que el coagulante aplicado puede sustituir a lo que normalmente suelen usar.

Así mismo, el trabajo de investigación titulado “Eficiencia del Coagulante a base de Huaraco (*Austrocylindropuntia floccosa*) en la disminución de la turbiedad en las aguas de la laguna Yanacocha – Pasco”, se menciona en cuanto a su turbidez que antes de tratamiento media 41.1 UNT, pero luego de utilizar el coagulante en

diferentes concentraciones a través de la prueba de jarras logró disminuir la turbiedad en el agua de un rango de 27.5 a 4.5 UNT, comprobando que el coagulante es eficiente. A diferencia de nuestra investigación donde el coagulante cactáceo *Opuntia floccosa* no obtuvo mucha varianza en los resultados después del tratamiento, comprobando que el coagulante ha influido en la remoción de sílice a diferencia de las demás investigaciones que han tenido favorables resultados en sus análisis.

Del mismo modo Gabino C. y otros en su investigación titulada “*Opuntia ficus* – indica como coagulante para remoción de sólidos suspendidos totales del efluente de beneficio en avícola La Chacra”, realizó su tratamiento a través del método de prueba de jarras y utilizó el coagulante natural *Opuntia ficus* con diferentes concentraciones. Después de su tratamiento pudo evidenciar que en el análisis tuvo disminuciones favorables del DQO, DBO y la turbidez fue el que tuvo mayor porcentaje de remoción de 91 % a diferencia de sus demás parámetros. Evidenciando así que el coagulante es efectivo para la remoción de turbidez a partir de la prueba de jarras, a diferencia de nuestro tratamiento que no tuvo tanta remoción del contaminante utilizando el mismo método para el tratamiento.

De los resultados obtenidos no se pudo realizar una comparación con un instrumento de medición ambiental debido a que la sílice no cuenta con un control de calidad ambiental, sin embargo, la sílice se encuentra dentro de los silicatos y estos forman parte de los sólidos suspendidos quienes están dentro de los límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividad minero y metalúrgico donde el límite para los sólidos suspendidos es de 25 mg/L. Es por ello que este trabajo de investigación se enfoca en reducir la sílice a través del coagulante cactáceo *Opuntia floccosa*, también podemos inferir que no hay investigaciones que hayan realizado tratamientos con coagulantes naturales para la remoción de la sílice. Sin embargo, hay investigaciones que aplicaron coagulantes sintéticos como es el caso de la investigación titulada “Remoción de sílice, en agua, mediante electrogeneración de aluminio” donde lograron remover el 66 % de sílice en agua de pozo aplicando la corriente directa con aluminio en ambos electrodos, se puede ver la diferencia entre nuestra investigación donde obtuvo menor porcentaje de remoción que al de la investigación que aplicaron coagulante un sintético.

## CONCLUSIONES

- Se analizó el agua residual del efluente de la minera no metálica SICSA S.A. siendo esta la muestra inicial sin ningún tratamiento, obteniendo la concentración de sílice de 3.3047 mg/L.
- La aplicación del coagulante natural en las muestras demostró que el coagulante cactáceo *Opuntia floccosa* es eficiente en la remoción de sílice del efluente de la minera no metálica SICSA S.A. con una dosis de 2 g/L y un tiempo de coagulación de 4 min, en el tratamiento realizado se ha obtenido un 26.017 % siendo este el que obtuvo mayor porcentaje de remoción de sílice mediante la prueba de jarras.
- Se determinó la cantidad adecuada de coagulante natural cactáceo *Opuntia floccosa*, donde pudo remover significativamente la sílice de las aguas de la minera no metálica SICSA en el tratamiento, siendo 2 g/L en el rango de 1 g/L a 5 g/L g del coagulante.
- Se determinó el tiempo adecuado de coagulación, donde se pudo remover eficientemente la sílice de la muestra obtenida de las aguas de la minera no metálica SICSA, siendo este tiempo de coagulación de 4 minutos.
- Durante la prueba realizada se pudo demostrar que el coagulante natural ha influido de manera eficiente en la remoción de sílice, donde se pudo evidenciar en los tratamientos en diferentes cantidades de coagulante cactáceo *Opuntia floccosa* se obtuvieron los siguientes porcentajes: 13.956%, 10.131%, 13.156%, 18.319%, 14.488%, 26.016%, 7.791%, 15.364%, 4.958%, 7.393%, 1.402% y 2.904%. En los resultados obtenidos podemos observar que entre mayor cantidad del coagulante cactáceo *Opuntia floccosa* menor eficiencia de remoción de sílice.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda a las otras investigaciones que puedan utilizar otro tipo de coagulante con la finalidad de que puedan ver si es más eficiente que el cactáceo *Opuntia floccosa*, ya que este coagulante utilizado fue utilizado por primera vez para la remoción de la sílice.
- Realizar tratamientos con mayores tiempos de coagulación para poder comprobar si existe mayor remoción de contaminante.
- Elaborar pruebas de turbiedad con el coagulante cactáceo *Opuntia floccosa* en el mismo tipo de agua residual utilizada para la investigación con la finalidad de ver si hay mayor efectividad en la disminución del parámetro, ya que para la sílice el coagulante ha influido significativamente.
- Se recomienda a los estudiantes a usar el coagulante cactáceo *Opuntia floccosa* y otros tipos de coagulantes derivados de los cactáceos para el tratamiento de aguas residuales procedentes de empresas industriales y de aguas residuales domésticas, así comparar qué coagulante es más eficiente.
- Usar el cactáceo *Opuntia floccosa* juntamente con otros coagulantes y así ayude a tener mayor reducción de sílice.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MOLINARES TORRES, Cecibel. Procedimientos para la prueba de sílice. . 2006.
2. ARONI LOAYZA, Andre Dustin. *Identificación y evaluación de los impactos ambientales de la explotación para el proyectominero no metálica Darhyam Unica en el Distrito de Miraflores Departamento de Arequipa* [online]. Arequipa : Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2017. Available from: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/8664/AMarload.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
3. LA ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN, LA CIENCIA Y LA CULTURA(UNESCO). *Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos* [online]. [no date]. [Accessed 27 May 2021]. Available from: <http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/water/wwap/facts-and-figures/all-facts-wwdr3/fact-36-industrial-wastewater/>
4. AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA. Anuario de Estadísticas Ambientales.pdf. [online]. 2015. Available from: [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1342/cap03.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1342/cap03.pdf)
5. HABERER, Hans. Guía de Manejo Ambiental para Minería no metálica. . 2015. P. 53.
6. AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA. *Aguas residuales domésticas es el principal problema del río Mantaro, afirman especialistas* [online]. 2014. [Accessed 9 June 2021]. Available from: <http://www.ana.gob.pe/noticia/aguas-residuales-domesticas-es-el-principal-problema-del-rio-mantaro-afirman-especialistas>
7. GUTIERREZ, Alejandro, GÉLOVER SANTIAGO, Silvina and MATIN DOMINGUEZ, Alejandra. Remoción de sílice, en agua, mediante electrogeneración de aluminio. [online]. 2016. [Accessed 29 May 2021]. Available from: <http://testlapallitesoem.wordpress.com> Leer todas las entradas de testlapallitesoem en
8. SEJIAS C., J., BIANCHI G., L. and BOLZAN A., E. Eliminación de sílice y reducción de alcalinidad (como carbonatos) de aguas de pozo y de rechazo de sistemas de osmosis inversamediante proceso de electrocoagulación. . 2019.
9. MARTÍNEZ GARCÍA, Jasser and GONZÁLEZ SILGADO, Luis Enrique. *Evaluación del poder de la tuna (Opuntia ficus indica) para la remoción de turbidez y color en aguas crudas* [online]. Universidad de Cartagena, 2012. [Accessed 16 June 2021]. Available from: <https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/137/EVALUACI%C3%93N%20DEL%20PODER%20COAGULANTE%20DE%20LA%20TUNA%20%28Opuntia%20ficus%20indica%29%20PARA%20LA%20REMOCI%C3%93N%20DE%20TURBIDEZ%20Y%20COLOR%20EN%20AGUAS%20CRUDAS..pdf?sequence=1&isAllowed=y>
10. CONTRERAS LOZANO, Karen Paola, AGUAS MENDOZA, Yelitza, SALCEDO MENDOZA, Guadalupe, OLIVERO VERBEL, Rafael and MENDOZA ORTEGA, Gean Pablo. El Nopal (Opuntia ficus-indica) como coagulante natural complementario en la clarificación de

- agua. *Nopal (Opuntia ficus-indica) as a complementary natural coagulant to clarify water*. January 2015. Vol. 10, no. 1, p. 40–50.
11. OLIVERO VERBEL, Rafael Enrique, MERCADO MARTINEZ, Iván Darío and MONTES GAZABÓN, Luz Elena. Remoción de la turbidez del agua del río Magdalena usando el mucílago del nopal *Opuntia ficus-indica*. *Removing turbidity from Magdalena river by the use of opuntia ficus-indica cactus mucilage*. 2013. Vol. 8, no. 1, p. 19–27.
  12. MERA ALEGRIA, Carlos Fernando, GUTIÉRREZ SALAMANCA, Madeleine Lieset, MONTES ROJAS, Consuelo and PAZ CONCHA, Juan Pablo. Efecto de la Moringa oleífera en el tratamientos de aguas residuales en el Cauca, Colombia. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 2016. Vol. 14, no. 2, p. 100. DOI 10.18684/BSAA(14)100-109.
  13. CHÁVEZ ACOSTA, Janet del Pilar. *Eficiencia del Coagulante a base de Huaraco (Austrocyliodropuntia floccosa) en la disminución de la turbiedad en las aguas de la laguna Yanacocha – Pasco* [online]. Trujillo : Universidad Cesar Vallejo, 2016. [Accessed 18 October 2021]. Available from: [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/885/Ch%20a1vez\\_AJP.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/885/Ch%20a1vez_AJP.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
  14. JAIMES PALACIOS, Norma Zenobia. *Eficiencia del coagulante natural Opuntia ficus índice (L.) Miller con un Sistema de filtración para la remoción de parámetros fisicoquímicos y biológicos en el agua residual domestica del Centro Urbano Hornillos, 2016*. [online]. Universidad Cesar Vallejo, 2016. Available from: [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/841/Jaimes\\_PNZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/841/Jaimes_PNZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
  15. ESCOBAL PÉREZ, Lisbeth. *Eficiencia de Armatocereus rauhii y Espostoa mirabilis en la remoción de solidos suspendidos totales en el agua para consumo humano del Distrito de Balzas – Amazonas*. Perú : Universidad Nacional de Cajamarca, 2018.
  16. CAPARACHIN QUIÑONEZ, Estefany Katerin and ESCOBAR SALAS, Jesús Ivan. *Remoción de Hierro de las aguas ácidas de la mina Carhuacayan mediante el coagulante del cacteo opuntia floccosa a nivel de laboratorio* [online]. Perú : Universidad del Centro del Perú, 2017. Available from: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3760/Caparachin%20Qui%20b1onez-Salas%20Escobar.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
  17. MACETAS VELI, Cristian. *Efectividad del mucílago liofilizado de Austrocyliodropuntia floccosa en la disminución de la turbidez del agua del río shullcas, huancayo – 2019* [online]. Huancayo : Universidad Peruana Los Andes, 2019. Available from: <http://www.repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/2052/TESIS%20FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
  18. GABINO CURIÑAHUI, Rocio Lizeth. *Opuntia ficus – indica como coagulante para remoción de solidos suspendidos totales del efluente de beneficio en avícola La Chacra*. Perú : Universidad Continental, 2018.
  19. MINISTERIO DEL AMBIENTE. *Libro Blanco del Agua de España*. Tercera. España, 2000.

20. SCIENCEFOR A CHANGING WORLD. La Ciencia del Agua para Escuelas: Calidad del Agua. [online]. 2017. [Accessed 31 May 2021]. Available from: <https://water.usgs.gov/gotita/waterquality.html>
21. DEPARTAMENTO DE ASUNTOS ECONÓMICOS Y SOCIALES DE NACIONES UNIDAS. Calidad del agua. [online]. 2014. [Accessed 31 May 2021]. Available from: <https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>
22. ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL. *Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales* [online]. Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, 2014. [Accessed 12 May 2021]. Available from: [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=7827](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827)
23. DR., Edward. Silicio (Si) Propiedades químicas y efectos sobre la salud y el medio ambiente. [online]. [Accessed 21 May 2021]. Available from: <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/si.htm>
24. DIRECCIÓN GENERAL DE EFICIENCIA ENERGÉTICA. *Reporte de análisis económico sectorial: El Sector Minero no metálico en el Perú* [online]. 2016. [Accessed 12 June 2021]. Available from: [https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/Institucional/Estudios\\_Economicos/RAES/RAES-Mineria-Diciembre-2016-GPAE-OS.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/RAES/RAES-Mineria-Diciembre-2016-GPAE-OS.pdf)
25. LÓPEZ, Arturo. Explotación y Comercialización de la Sílice. [online]. Sector Minería y Minas. 2012. [Accessed 8 June 2021]. Available from: <https://es.slideshare.net/ingemmet/explotacin-y-comercializacin-de-la-slice>
26. OSTOLAZA NANO, Carlos. *Todos los Cactus del Perú* [online]. Peru : Ministerio del Ambiente, 2014. [Accessed 26 May 2020]. Available from: <http://www.minam.gob.pe/diversidadbiologica/wp-content/uploads/sites/21/2014/02/document.pdf>
27. LORENZO ACOSTA, Yaniris. Estado del arte del tratamiento de aguas por coagulación-floculación. [online]. 2006. [Accessed 3 June 2021]. Available from: <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223120664002.pdf>
28. VILLABONA ORTIZ, Angel, PAZ, Isabel Cristina and GARCÍA, Jasser Martínez. Caracterización de la Opuntia ficus-indica para su uso como coagulante natural. *Revista Colombiana de Biotecnología*. 1 January 2013. Vol. 15, no. 1, p. 137–144.
29. ARNOLEDA VALENCIA, Jorge. *Teoría y práctica de la purificación del agua*. Santa Fé de Bogotá, Colombia : Mac-Graw Hill, 2000. ISBN 978-958-41-0012-2.
30. PERÉZ DE LA CRUZ, Francisco Javier and URREA MALLEBRERA, Mario Andres. *Coagulación y Floculación* [online]. España : Universidad Politécnica de cartagena, [no date]. [Accessed 3 June 2021]. Available from: [https://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/6019/mod\\_resource/content/1/Tema\\_06\\_COAGULACION\\_Y\\_FLOCULACION.pdf](https://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/6019/mod_resource/content/1/Tema_06_COAGULACION_Y_FLOCULACION.pdf)
31. CÁRDENAS, Yolanda Andina. *Tratamiento de agua: coagulación y floculación*. [online]. 2000. Available from: [http://www.sedapal.com.pe/c/document\\_library/get\\_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154](http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154)

32. AGUILAR, M. I. *Tratamiento físico-químico de aguas residuales: coagulación-floculación*. EDITUM, 2002. ISBN 978-84-8371-308-2. Google-Books-ID: 8vlQBXPvhAUC
33. CASO RUPAY, Gustavo Fernando and LAUREANO ESTELLA, Laura Leonela. *La goma de tara como agente floculante en la optimización del proceso de remoción de arsénico con fecl3 presente en agua de mina* [online]. Callao : Universidad Nacional del Callao, 2018. [Accessed 3 June 2021]. Available from: [http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/3337/Caso%20Rupay%20y%20Laureano%20Estrella\\_TESISPR\\_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/3337/Caso%20Rupay%20y%20Laureano%20Estrella_TESISPR_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
34. MALDONADO YACTAYO, Ing Víctor. *Capítulo 7. Sedimentación*. [no date].
35. JIMÉNEZ CISNEROS, Blanca Elena. *La Contaminación Ambiental en México*. Editorial Limusa, 2001. ISBN 978-968-18-6042-4. Google-Books-ID: 8MVxlyJGokIC
36. PACHECO ANCCO, Prisiani Haydee and ZAPANA MAMANI, Kelly Fiorela. *Evaluación de los parámetros en el proceso de clarificación de aguas de la subcuenca del río Yura en la zona la caleta para la potabilización de aguas de la Jass-Vitor*. Arequipa : Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2018.
37. COGOLLO FLOREZ, Juan Miguel. Clarificación de aguas usando coagulantes polimerizados: caso del Hidroxicloruro de Aluminio. . 2011. P. 11.
38. PÉREZ FARRÁS, Luis E. Teoría de sedimentación. [online]. 2005. [Accessed 4 June 2021]. Available from: [http://www.fi.uba.ar/archivos/institutos\\_teorias\\_sedimentacion.pdf](http://www.fi.uba.ar/archivos/institutos_teorias_sedimentacion.pdf)
39. GONZÁLES TORO, Car, en. *La turbidez en el agua* [online]. 2011. [Accessed 4 June 2021]. Available from: <https://academic.uprm.edu/gonzalezc/HTMLobj-859/maguaturbidez.pdf>
40. DE CARGAS, Lidia. Capítulo 5. Mezcla Rápida. . P. 37.
41. SALAS ULATE, Salas U. *Efecto de las aguas contaminadas en la producción agrícola*. Editorial de la Universidad de Costa Rica, 1987. Google-Books-ID: KEFjAAAAMAAJ
42. BARRENECHEA MARTEL, Ada. Capítulo 4: Coagulación. . P. 73.
43. PRADO PINELL, Carolina Mónica. *Glosario de términos ambientales*. Ministerio de Desarrollo Sostenible, 2003. Google-Books-ID: kzO5AAAAIAAJ
44. INSTITUTO DE TOXICOLOGÍA DE LA DEFENSA. *Protocolo de toma de muestras de agua residual* [online]. [Accessed 12 June 2021]. Available from: [https://www.defensa.gob.es/itoxdef/Galerias/documentacion/protocolos/ficheros/PROTOCOLO\\_DE\\_TOMA\\_DE\\_MUESTRAS\\_DE\\_AGUA\\_RESIDUAL\\_ver\\_2.pdf](https://www.defensa.gob.es/itoxdef/Galerias/documentacion/protocolos/ficheros/PROTOCOLO_DE_TOMA_DE_MUESTRAS_DE_AGUA_RESIDUAL_ver_2.pdf)
45. RUIZ, Ramón. El método científico y sus etapas. . P. 79.
46. BERNAL TORRES, César Augusto Bernal. *Metodología de la investigación: para administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. Pearson Educación, 2006. ISBN 978-970-26-0645-1. Google-Books-ID: h4X\_eFai59oC
47. CEGARRA SANCHEZ, José. *Metodología de la investigación científica y tecnológica*. Ediciones Díaz de Santos, 2011. ISBN 978-84-9969-027-8.

48. BUNGE, Mario. *La Observación* [online]. [no date]. [Accessed 13 May 2021]. Available from: <http://www.salgadoanoni.cl/wordpress/wp-content/uploads/2010/03/la-observacion.pdf>
  
49. BAENA PAZ, Guillermina María Eugenia. *Metodología de la Investigación* [online]. México : Grupo Editorial Patria, 2014. ISBN 978-607-744-003-1. Available from: <https://books.google.com.pe/books?id=6aCEBgAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=tipo+de+i+investigacion+-+aplicada&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiKmNeyxJjxAhW7JbkGHVaODHYQ6AEwAnoECAYQAq#v=onepage&q&f=falseGoogle-Books-ID: 6aCEBgAAQBAJ>
  
50. GÓMEZ, Marcelo M. *Introducción a la metodología de la investigación científica*. Editorial Brujas, 2006. ISBN 978-987-591-026-3. Google-Books-ID: 9UDXPe4U7aMC
  
51. HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos and BAPTISTA LUCIO, Pilar. *Metodología de la investigación*. México, D.F. : McGraw-Hill Education, 2014. ISBN 978-1-4562-2396-0.
  
52. GALLARDO ECHENIQUE, Eliana Esther. *Metodología de Investigación* [online]. Primera. Huancayo, 2017. Available from: [file:///C:/Users/SolucionesM/Downloads/DO\\_UC\\_EG\\_MAI\\_UC0584\\_2018.pdf](file:///C:/Users/SolucionesM/Downloads/DO_UC_EG_MAI_UC0584_2018.pdf)
  
53. AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA. *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales* [online]. 2016. [Accessed 19 May 2021]. Available from: [https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/r.j.\\_010-2016-ana\\_0.pdf](https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/r.j._010-2016-ana_0.pdf)

# **ANEXOS**

### ANEXO 1 - MATRIZ DE CONSISTENCIA

| FORMULACIÓN DEL PROBLEMA   | OBJETIVO  | HIPÓTESIS  | INDICADORES  | METODOLOGÍA   |
|--|---|--|--|---|
| <p><b>General:</b></p> <p>¿Cuál es la eficiencia del coagulante cactáceo <i>Opuntia floccosa</i> para la remoción de sílice del efluente de los residuos mineros de Pachacayo – Jauja, 2021?</p>   | <p><b>General:</b></p> <p>Determinar la eficiencia del coagulante cactáceo <i>Opuntia floccosa</i> para la remoción de sílice del efluente de los residuos mineros de Pachacayo – Jauja, 2021.</p>  | <p><b>Hipótesis General:</b></p> <p>Ha= El coagulante cactáceo <i>Opuntia floccosa</i> influye de manera eficiente en la remoción de sílice del efluente de los residuos mineros de Pachacayo – Jauja, 2021.</p> | <p><b>Variable independiente:</b></p> <p>Coagulante Cactáceo <i>Opuntia floccosa</i></p> | <p>❖ <b>Tipo de investigación:</b> La investigación es aplicada</p> <p>❖ <b>Nivel de investigación:</b> Explicativo.</p> <p>❖ <b>Diseño de investigación:</b> Cuasi experimental con una prueba antes y después del experimento con tres repeticiones:</p> <p>❖ <b>Población:</b> Agua residual de la Empresa Minera no metálica Sílice Industrial Comercial S.A. Pachacayo - Jauja.</p> <p>❖ <b>Muestra:</b> La cantidad de muestras que se va a elegir será de manera no probabilística, la cual será por conveniencia debido a las características del agua.</p> |
| <p><b>Específico:</b></p> <p>❖ ¿Cuál será la concentración de sílice del efluente de los residuos mineros de Pachacayo – Jauja, 2021?</p> <p>❖ ¿Cuál será la cantidad adecuada del coagulante Cactáceo <i>Opuntia floccosa</i> para remover la sílice del efluente de los residuos mineros de Pachacayo – Jauja, 2021?</p> <p>❖ ¿Cuál será el tiempo adecuado de coagulación para remover la sílice del efluente de los residuos mineros de Pachacayo – Jauja, 2021?</p> | <p><b>Específico:</b></p> <p>❖ Determinar la concentración de sílice del efluente de los residuos mineros de Pachacayo – Jauja, 2021.</p> <p>❖ Determinar la cantidad adecuada del coagulante <i>Opuntia floccosa</i> para remover la sílice del efluente de los residuos mineros de Pachacayo – Jauja, 2021.</p> <p>❖ Determinar el tiempo adecuado de coagulación para remover la sílice del efluente de los residuos mineros de Pachacayo – Jauja, 2021.</p> | <p>Ho= El coagulante cactáceo <i>Opuntia floccosa</i> no influye de manera eficiente en la remoción de sílice del efluente de los residuos mineros de Pachacayo – Jauja, 2021.</p>                               | <p><b>Variable dependiente:</b></p> <p>Cactáceo <i>Opuntia floccosa</i></p>              |   |

## ANEXO 1 - FOTOGRAFÍAS



**Fotografía 1: Chongos Alto, Huancayo, Junín**



**Fotografía 2: Cactáceo *Opuntia floccosa***



**Fotografía 3: Lavado del Cactáceo *Opuntia floccosa***



**Fotografía 4: Muestras ya picadas para el secado en la estufa**



**Fotografía 5: Proceso de lavado de sílice en la Minera no Metálica Sílice Industrial Comercial S.A.**



**Fotografía 6: Punto de desfogue del agua residual**



**Fotografía 7: Mezcla de las muestras**



**Fotografía 8: Muestras de agua para el tratamiento**



**Fotografía 9: Muestras de agua tratadas**



**Fotografía 10: Muestras de agua para el análisis del laboratorio**



**Fotografía 11: Medición del pH**



**Fotografía 12: Medición de la conductividad**

### **ANEXO 3: CÁLCULOS DE % DE SÍLICE FINAL**

$$\% \text{ Sílice final} = 100 - \% \text{ Remoción de Sílice}$$

### **ANEXO 4: CÁLCULOS DE % REMOCIÓN DE SÍLICE**

$$\% \text{ Remocíoón de Sílice} = \frac{\text{Sílice final} - \text{Sílice inicial}}{\text{Sílice final}} \times 100$$

## ANEXO 5 - INFORME DE RESULTADOS DEL LABORATORIO



### INFORME DE ENSAYO N° MA0609210001

|                              |   |                            |                  |
|------------------------------|---|----------------------------|------------------|
| Cliente:                     | JUDITH PAMELA CURASI MAYOR Y LIZBET INGRID TOLENTINO TUEROS |                            |                  |
| Dirección del Solicitante:   | Pachacayo - Jauja - Junín                                   |                            |                  |
| Instrucciones de Ensayo:     | Análisis Instrumental                                       |                            |                  |
| Lugar de Muestreo:           | Pachacayo   |                            |                  |
| Cantidad de Muestras:        | 37 envases de plástico                                      | Plan de Muestreo N°:       | ---              |
| Calificación de Análisis N°: | 2108 - 007_Vr00   | Fecha y Hora de Recepción: | 06/09/2021 09:05 |
| Fecha de Inicio del ensayo:  | 08/09/2021  | Fecha de Fin del ensayo:   | 11/09/2021       |
| Cadena de Custodia N°:       | 0102-21   | Muestreado por:            | Cliente          |

#### RESULTADOS

Código de laboratorio: **W-0492-21**

Identificación de Muestra: **Muestreo Cero**

Método de Muestreo basado en: ---

Fecha / Hora de Muestreo: 31/08/2021 10:00

Coordenadas (Zona / Este / Norte): IBL E 422675 N: 8698739

Tipo de muestra (Maltiz / Sub Maltiz): Agua Residual / Agua Residual

PRODUCTO: **AGUA**

Parámetros instrumentales

| MÉTODO | LD     | LC    | Resultado (R) | Unidades               |
|--------|--------|-------|---------------|------------------------|
| Silice | 0.0019 | 0.006 | 3.3047        | mg SiO <sub>2</sub> /L |

Código de laboratorio: **W-0493-21**

Identificación de Muestra: **PC-2min-R1**

Método de Muestreo basado en: ---

Fecha / Hora de Muestreo: 02/09/2021 08:00

Coordenadas (Zona / Este / Norte): ---

Tipo de muestra (Maltiz / Sub Maltiz): Agua Residual / Agua Residual

PRODUCTO: **AGUA**

Parámetros instrumentales

| MÉTODO | LD     | LC    | Resultado (R) | Unidades               |
|--------|--------|-------|---------------|------------------------|
| Silice | 0.0019 | 0.006 | 2.8385        | mg SiO <sub>2</sub> /L |

Código de laboratorio: **W-0494-21**

Identificación de Muestra: **T1-2min-1gr-R1**

Método de Muestreo basado en: ---

Fecha / Hora de Muestreo: 02/09/2021 09:00

Coordenadas (Zona / Este / Norte): ---

Tipo de muestra (Maltiz / Sub Maltiz): Agua Residual / Agua Residual

PRODUCTO: **AGUA**

Parámetros instrumentales

| MÉTODO | LD     | LC    | Resultado (R) | Unidades               | Espec. | Conformidad |
|--------|--------|-------|---------------|------------------------|--------|-------------|
| Silice | 0.0019 | 0.006 | 2.8555        | mg SiO <sub>2</sub> /L |        |             |

IF-FO-130 / VR05

Quím. Román Palacios  
C. Q. P. 1002



Página 1 de 10

Los ensayos se han realizado en el Laboratorio Químico LABPERU E.I.R.L. Y si el servicio lo considera la(s) contra muestra(s) del producto serán conservadas por un periodo de tiempo declarado y/o acordado con el cliente, luego del cual se eliminarán según nuestros procedimientos internos. Los resultados de los ensayos pertenecen sólo a las muestras ensayadas y no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas del producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Este Informe de Ensayo no podrá ser reproducido, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de LABPERU

Av. Paredones N° 801, NASCA - Panamericana Sur Mz A2, Vista Alegre

Telefax: (5156) 524060 Cel. Movistar: 955506006, RPM: #955506006 Claro RPC 956725178

**www.labperu.com - email: labperu@yahoo.com - informes@labperu.com**



## INFORME DE ENSAYO N° MA0609210001

|  |        |                               |                               |
|--|--------|-------------------------------|-------------------------------|
| Código de laboratorio:                 |        | W-0495-21                     |                               |
| Identificación de Muestra:             |        | T1-2min-1gr-R2                |                               |
| Método de Muestreo basada en:          |        |                               |                               |
| Fecha / Hora de Muestreo:              |        | 02/09/2021 09:00              |                               |
| Coordenadas (Zona / Este / Norte):     |        |                               |                               |
| Tipo de muestra (Matriz / Sub Matriz): |        | Agua Residual / Agua Residual |                               |
| PRODUCTO: AGUA                         |        |                               |                               |
| Parámetros instrumentales              |        |                               |                               |
| MÉTODO                                 | LD     | LC                            | Resultado (R) Unidades        |
| Silice                                 | 0.0019 | 0.006                         | 2.9083 mg SiO <sub>2</sub> /L |

|  |        |                               |                              |
|--|--------|-------------------------------|------------------------------|
| Código de laboratorio:                 |        | W-0496-21                     |                              |
| Identificación de Muestra:             |        | T1-2min-1gr-R3                |                              |
| Método de Muestreo basada en:          |        |                               |                              |
| Fecha / Hora de Muestreo:              |        | 02/09/2021 09:00              |                              |
| Coordenadas (Zona / Este / Norte):     |        |                               |                              |
| Tipo de muestra (Matriz / Sub Matriz): |        | Agua Residual / Agua Residual |                              |
| PRODUCTO: AGUA                         |        |                               |                              |
| Parámetros instrumentales              |        |                               |                              |
| MÉTODO                                 | LD     | LC                            | Resultado (R) Unidades       |
| Silice                                 | 0.0019 | 0.006                         | 2.846 mg SiO <sub>2</sub> /L |

|  |        |                               |                               |
|--|--------|-------------------------------|-------------------------------|
| Código de laboratorio:                 |        | W-0497-21                     |                               |
| Identificación de Muestra:             |        | PC-2min-R2                    |                               |
| Método de Muestreo basada en:          |        |                               |                               |
| Fecha / Hora de Muestreo:              |        | 02/09/2021 08:00              |                               |
| Coordenadas (Zona / Este / Norte):     |        |                               |                               |
| Tipo de muestra (Matriz / Sub Matriz): |        | Agua Residual / Agua Residual |                               |
| PRODUCTO: AGUA                         |        |                               |                               |
| Parámetros instrumentales              |        |                               |                               |
| MÉTODO                                 | LD     | LC                            | Resultado (R) Unidades        |
| Silice                                 | 0.0019 | 0.006                         | 2.8724 mg SiO <sub>2</sub> /L |

|  |        |                               |                               |
|--|--------|-------------------------------|-------------------------------|
| Código de laboratorio:                 |        | W-0498-21                     |                               |
| Identificación de Muestra:             |        | T2-2min-2gr-R1                |                               |
| Método de Muestreo basada en:          |        |                               |                               |
| Fecha / Hora de Muestreo:              |        | 02/09/2021 10:00              |                               |
| Coordenadas (Zona / Este / Norte):     |        |                               |                               |
| Tipo de muestra (Matriz / Sub Matriz): |        | Agua Residual / Agua Residual |                               |
| PRODUCTO: AGUA                         |        |                               |                               |
| Parámetros instrumentales              |        |                               |                               |
| MÉTODO                                 | LD     | LC                            | Resultado (R) Unidades        |
| Silice                                 | 0.0019 | 0.006                         | 2.8441 mg SiO <sub>2</sub> /L |

IP-FO-130 / V005



Página 2 de 10

Los ensayos se han realizado en el Laboratorio Químico LABPERU E.I.R.L., Y si el servicio lo considera la(s) contra muestra(s) del producto serán conservadas por un periodo de tiempo declarado y/o acordado con el cliente, luego del cual se eliminarán según nuestros procedimientos internos. Los resultados de los ensayos pertenecen sólo a las muestras ensayadas y no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas del producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Este Informe de Ensayo no podrá ser reproducido, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de LABPERU

Av. Paredones N° 801, NASCA - Panamericana Sur Mz A2, Vista Alegre  
 Telefax: (5156) 524060 Cel. Movistar: 955506006, RPM: 955506006 Claro RPC 956725178

www.labperu.com - email: labperu@yahoo.com - informes@labperu.com



## INFORME DE ENSAYO N° MA0609210001

|  |                               |           |                               |
|--|-------------------------------|-----------|-------------------------------|
| Código de laboratorio:                 | W-0499-21                     |           |                               |
| Identificación de Muestra:             | T2-2min-2gr-R2                |           |                               |
| Método de Muestreo basado en:          |                               |           |                               |
| Fecha / Hora de Muestreo:              | 02/09/2021 10:00              |           |                               |
| Coordenadas (Zona / Este / Norte):     |                               |           |                               |
| Tipo de muestra (Matriz / Sub Matriz): | Agua Residual / Agua Residual |           |                               |
| <b>PRODUCTO:</b>                       | AGUA                          |           |                               |
| <b>Parámetros instrumentales</b>       |                               |           |                               |
| <b>MÉTODO</b>                          | <b>LD</b>                     | <b>LC</b> | <b>Resultado (R) Unidades</b> |
| Silice                                 | 0.0019                        | 0.006     | 2.8045 mg SiO <sub>2</sub> /L |

|  |                               |           |                               |
|--|-------------------------------|-----------|-------------------------------|
| Código de laboratorio:                 | W-0500-21                     |           |                               |
| Identificación de Muestra:             | T2-2min-2gr-R3                |           |                               |
| Método de Muestreo basado en:          |                               |           |                               |
| Fecha / Hora de Muestreo:              | 02/09/2021 10:00              |           |                               |
| Coordenadas (Zona / Este / Norte):     |                               |           |                               |
| Tipo de muestra (Matriz / Sub Matriz): | Agua Residual / Agua Residual |           |                               |
| <b>PRODUCTO:</b>                       | AGUA                          |           |                               |
| <b>Parámetros instrumentales</b>       |                               |           |                               |
| <b>MÉTODO</b>                          | <b>LD</b>                     | <b>LC</b> | <b>Resultado (R) Unidades</b> |
| Silice                                 | 0.0019                        | 0.006     | 2.8291 mg SiO <sub>2</sub> /L |

|  |                               |           |                               |
|--|-------------------------------|-----------|-------------------------------|
| Código de laboratorio:                 | W-0501-21                     |           |                               |
| Identificación de Muestra:             | PC-2min-R3                    |           |                               |
| Método de Muestreo basado en:          |                               |           |                               |
| Fecha / Hora de Muestreo:              | 02/09/2021 08:00              |           |                               |
| Coordenadas (Zona / Este / Norte):     |                               |           |                               |
| Tipo de muestra (Matriz / Sub Matriz): | Agua Residual / Agua Residual |           |                               |
| <b>PRODUCTO:</b>                       | AGUA                          |           |                               |
| <b>Parámetros instrumentales</b>       |                               |           |                               |
| <b>MÉTODO</b>                          | <b>LD</b>                     | <b>LC</b> | <b>Resultado (R) Unidades</b> |
| Silice                                 | 0.0019                        | 0.006     | 2.8176 mg SiO <sub>2</sub> /L |

|  |                               |           |                               |
|--|-------------------------------|-----------|-------------------------------|
| Código de laboratorio:                 | W-0502-21                     |           |                               |
| Identificación de Muestra:             | T3-2min-3gr-R1                |           |                               |
| Método de Muestreo basado en:          |                               |           |                               |
| Fecha / Hora de Muestreo:              | 02/09/2021 11:00              |           |                               |
| Coordenadas (Zona / Este / Norte):     |                               |           |                               |
| Tipo de muestra (Matriz / Sub Matriz): | Agua Residual / Agua Residual |           |                               |
| <b>PRODUCTO:</b>                       | AGUA                          |           |                               |
| <b>Parámetros instrumentales</b>       |                               |           |                               |
| <b>MÉTODO</b>                          | <b>LD</b>                     | <b>LC</b> | <b>Resultado (R) Unidades</b> |
| Silice                                 | 0.0019                        | 0.006     | 2.7065 mg SiO <sub>2</sub> /L |

LF-FO-130 / VR05



Página 3 de 10

Los ensayos se han realizado en el Laboratorio Químico LABPERU E.I.R.L., y si el servicio lo considera la(s) contra muestra(s) del producto serán conservadas por un periodo de tiempo declarado y/o acordado con el cliente, luego del cual se eliminarán según nuestros procedimientos internos. Los resultados de los ensayos pertenecen sólo a las muestras ensayadas y no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas del producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Este Informe de Ensayo no podrá ser reproducido, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de LABPERU

Av. Paredones N° 801, NASCA - Panamericana Sur Mz A2, Vista Alegre  
 Telefax: (5156) 524060 Cel. Movistar: 955506006, RPM: #955506006 Claro RPC 956725178

[www.labperu.com](http://www.labperu.com) - email: [labperu@yahoo.com](mailto:labperu@yahoo.com) - [informes@labperu.com](mailto:informes@labperu.com)



### INFORME DE ENSAYO N° MA0609210001

|  |                               |           |                      |                        |
|--|-------------------------------|-----------|----------------------|------------------------|
| Código de laboratorio:                 | W-0503-21                     |           |                      |                        |
| Identificación de Muestra:             | T3-2min-3gr-R2                |           |                      |                        |
| Método de Muestreo basado en:          |                               |           |                      |                        |
| Fecha / Hora de Muestreo:              | 02/09/2021 11:00              |           |                      |                        |
| Coordenadas (Zona / Este / Norte):     |                               |           |                      |                        |
| Tipo de muestra (Matriz / Sub Matriz): | Agua Residual / Agua Residual |           |                      |                        |
| <b>PRODUCTO:</b>                       | <b>AGUA</b>                   |           |                      |                        |
| <b>Parámetros instrumentales</b>       |                               |           |                      |                        |
| <b>MÉTODO</b>                          | <b>LD</b>                     | <b>LC</b> | <b>Resultado (R)</b> | <b>Unidades</b>        |
| Silice                                 | 0.0019                        | 0.006     | 3.2025               | mg SiO <sub>2</sub> /L |

|  |                               |           |                      |                        |
|--|-------------------------------|-----------|----------------------|------------------------|
| Código de laboratorio:                 | W-0504-21                     |           |                      |                        |
| Identificación de Muestra:             | T3-2min-3gr-R3                |           |                      |                        |
| Método de Muestreo basado en:          |                               |           |                      |                        |
| Fecha / Hora de Muestreo:              | 02/09/2021 11:00              |           |                      |                        |
| Coordenadas (Zona / Este / Norte):     |                               |           |                      |                        |
| Tipo de muestra (Matriz / Sub Matriz): | Agua Residual / Agua Residual |           |                      |                        |
| <b>PRODUCTO:</b>                       | <b>AGUA</b>                   |           |                      |                        |
| <b>Parámetros instrumentales</b>       |                               |           |                      |                        |
| <b>MÉTODO</b>                          | <b>LD</b>                     | <b>LC</b> | <b>Resultado (R)</b> | <b>Unidades</b>        |
| Silice                                 | 0.0019                        | 0.006     | 3.2327               | mg SiO <sub>2</sub> /L |

|  |                               |           |                      |                        |
|--|-------------------------------|-----------|----------------------|------------------------|
| Código de laboratorio:                 | W-0505-21                     |           |                      |                        |
| Identificación de Muestra:             | T4-2min-4gr-R1                |           |                      |                        |
| Método de Muestreo basado en:          |                               |           |                      |                        |
| Fecha / Hora de Muestreo:              | 02/09/2021 12:00              |           |                      |                        |
| Coordenadas (Zona / Este / Norte):     |                               |           |                      |                        |
| Tipo de muestra (Matriz / Sub Matriz): | Agua Residual / Agua Residual |           |                      |                        |
| <b>PRODUCTO:</b>                       | <b>AGUA</b>                   |           |                      |                        |
| <b>Parámetros instrumentales</b>       |                               |           |                      |                        |
| <b>MÉTODO</b>                          | <b>LD</b>                     | <b>LC</b> | <b>Resultado (R)</b> | <b>Unidades</b>        |
| Silice                                 | 0.0019                        | 0.006     | 3.0403               | mg SiO <sub>2</sub> /L |

|  |                               |           |                      |                        |
|--|-------------------------------|-----------|----------------------|------------------------|
| Código de laboratorio:                 | W-0506-21                     |           |                      |                        |
| Identificación de Muestra:             | T4-2min-4gr-R2                |           |                      |                        |
| Método de Muestreo basado en:          |                               |           |                      |                        |
| Fecha / Hora de Muestreo:              | 02/09/2021 12:00              |           |                      |                        |
| Coordenadas (Zona / Este / Norte):     |                               |           |                      |                        |
| Tipo de muestra (Matriz / Sub Matriz): | Agua Residual / Agua Residual |           |                      |                        |
| <b>PRODUCTO:</b>                       | <b>AGUA</b>                   |           |                      |                        |
| <b>Parámetros instrumentales</b>       |                               |           |                      |                        |
| <b>MÉTODO</b>                          | <b>LD</b>                     | <b>LC</b> | <b>Resultado (R)</b> | <b>Unidades</b>        |
| Silice                                 | 0.0019                        | 0.006     | 3.0723               | mg SiO <sub>2</sub> /L |

LP-FO-130 / V805

  
 Químico: Ramón Palacios  
 C.O.P. 1002  


Página 4 de 10

Los ensayos se han realizado en el Laboratorio Químico LABPERU E.I.R.L., y si el servicio lo considera la(s) contra muestra(s) del producto serán conservadas por un periodo de tiempo declarado y/o acordado con el cliente, luego del cual se eliminarán según nuestros procedimientos internos. Los resultados de los ensayos pertenecen sólo a las muestras ensayadas y no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas del producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Este Informe de Ensayo no podrá ser reproducido, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de LABPERU

Av. Paredones N° 801, NASCA - Panamericana Sur Mz A2, Vista Alegre  
 Telefax: (5156) 524060 Cel. Movistar: 955506006, RPM: #955506006 Claro RPC 956725178

www.labperu.com - email: labperu@yahoo.com - informes@labperu.com



## INFORME DE ENSAYO N° MA0609210001

|  |           |                               |                        |
|--|-----------|-------------------------------|------------------------|
| Código de laboratorio:                 |           | W-0507-21                     |                        |
| Identificación de Muestra:             |           | T4-2min-4gr-R3                |                        |
| Método de Muestreo basado en:          |           |                               |                        |
| Fecha / Hora de Muestreo:              |           | 02/09/2021 12:00              |                        |
| Coordenadas (Zona / Este):             |           |                               |                        |
| Tipo de muestra (Matriz / Sub Matriz): |           | Agua Residual / Agua Residual |                        |
| <b>PRODUCTO: AGUA</b>                  |           |                               |                        |
| <b>Parámetros instrumentales</b>       |           |                               |                        |
| <b>MÉTODO</b>                          | <b>LD</b> | <b>LC</b>                     | <b>Resultado (R)</b>   |
| Silice                                 | 0.0019    | 0.006                         | 3.3100                 |
|  |           |                               | <b>Unidades</b>        |
|  |           |                               | mg SiO <sub>2</sub> /L |

|  |           |                               |                        |
|--|-----------|-------------------------------|------------------------|
| Código de laboratorio:                 |           | W-0508-21                     |                        |
| Identificación de Muestra:             |           | T5-2min-5gr-R1                |                        |
| Método de Muestreo basado en:          |           |                               |                        |
| Fecha / Hora de Muestreo:              |           | 02/09/2021 13:00              |                        |
| Coordenadas (Zona / Este / Norte):     |           |                               |                        |
| Tipo de muestra (Matriz / Sub Matriz): |           | Agua Residual / Agua Residual |                        |
| <b>PRODUCTO: AGUA</b>                  |           |                               |                        |
| <b>Parámetros instrumentales</b>       |           |                               |                        |
| <b>MÉTODO</b>                          | <b>LD</b> | <b>LC</b>                     | <b>Resultado (R)</b>   |
| Silice                                 | 0.0019    | 0.006                         | 3.3005                 |
|  |           |                               | <b>Unidades</b>        |
|  |           |                               | mg SiO <sub>2</sub> /L |

|  |           |                               |                        |
|--|-----------|-------------------------------|------------------------|
| Código de laboratorio:                 |           | W-0509-21                     |                        |
| Identificación de Muestra:             |           | T5-2min-5gr-R2                |                        |
| Método de Muestreo basado en:          |           |                               |                        |
| Fecha / Hora de Muestreo:              |           | 02/09/2021 13:00              |                        |
| Coordenadas (Zona / Este / Norte):     |           |                               |                        |
| Tipo de muestra (Matriz / Sub Matriz): |           | Agua Residual / Agua Residual |                        |
| <b>PRODUCTO: AGUA</b>                  |           |                               |                        |
| <b>Parámetros instrumentales</b>       |           |                               |                        |
| <b>MÉTODO</b>                          | <b>LD</b> | <b>LC</b>                     | <b>Resultado (R)</b>   |
| Silice                                 | 0.0019    | 0.006                         | 3.3703                 |
|  |           |                               | <b>Unidades</b>        |
|  |           |                               | mg SiO <sub>2</sub> /L |

|  |           |                               |                        |
|--|-----------|-------------------------------|------------------------|
| Código de laboratorio:                 |           | W-0510-21                     |                        |
| Identificación de Muestra:             |           | T5-2min-5gr-R3                |                        |
| Método de Muestreo basado en:          |           |                               |                        |
| Fecha / Hora de Muestreo:              |           | 02/09/2021 13:00              |                        |
| Coordenadas (Zona / Este / Norte):     |           |                               |                        |
| Tipo de muestra (Matriz / Sub Matriz): |           | Agua Residual / Agua Residual |                        |
| <b>PRODUCTO: AGUA</b>                  |           |                               |                        |
| <b>Parámetros instrumentales</b>       |           |                               |                        |
| <b>MÉTODO</b>                          | <b>LD</b> | <b>LC</b>                     | <b>Resultado (R)</b>   |
| Silice                                 | 0.0019    | 0.006                         | 3.4043                 |
|  |           |                               | <b>Unidades</b>        |
|  |           |                               | mg SiO <sub>2</sub> /L |

LP-FO-130 / VR05



Página 5 de 10

Los ensayos se han realizado en el Laboratorio Químico LABPERU E.I.R.L. Y si el servicio lo considera la(s) contra muestra(s) del producto serán conservadas por un periodo de tiempo declarado y/o acordado con el cliente, luego del cual se eliminarán según nuestros procedimientos internos. Los resultados de los ensayos pertenecen sólo a las muestras ensayadas y no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas del producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Este Informe de Ensayo no podrá ser reproducido, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de LABPERU  
 Av. Paredones N° 801, NASCA - Panamericana Sur Mz A2, Vista Alegre  
 Telefax: (5156) 524060 Cel. Movistar: 955506006, RPM: #955506006 Claro RPC 956725178

**www.labperu.com - email: labperu@yahoo.com - informes@labperu.com**



## INFORME DE ENSAYO N° MA0609210001

|  |           |                               |                                      |
|--|-----------|-------------------------------|--------------------------------------|
| Código de Laboratorio:                 |           | W-0511-21                     |                                      |
| Identificación de Muestra:             |           | PC-4min-R1                    |                                      |
| Método de Muestreo basado en:          |           |                               |                                      |
| Fecha / Hora de Muestreo:              |           | 03/09/2021 08:00              |                                      |
| Coordenadas (Zona / Este / Norte):     |           |                               |                                      |
| Tipo de muestra (Matriz / Sub Matriz): |           | Agua Residual / Agua Residual |                                      |
| <b>PRODUCTO: AGUA</b>                  |           |                               |                                      |
| <b>Parámetros instrumentales</b>       |           |                               |                                      |
| <b>MÉTODO</b>                          | <b>LD</b> | <b>LC</b>                     | <b>Resultado (R)</b> <b>Unidades</b> |
| Silice                                 | 0.0019    | 0.006                         | 3.0309 mg SiO <sub>2</sub> /L        |

|  |           |                               |                                      |
|--|-----------|-------------------------------|--------------------------------------|
| Código de Laboratorio:                 |           | W-0512-21                     |                                      |
| Identificación de Muestra:             |           | T1-4min-1gr-R1                |                                      |
| Método de Muestreo basado en:          |           |                               |                                      |
| Fecha / Hora de Muestreo:              |           | 03/09/2021 09:00              |                                      |
| Coordenadas (Zona / Este / Norte):     |           |                               |                                      |
| Tipo de muestra (Matriz / Sub Matriz): |           | Agua Residual / Agua Residual |                                      |
| <b>PRODUCTO: AGUA</b>                  |           |                               |                                      |
| <b>Parámetros instrumentales</b>       |           |                               |                                      |
| <b>MÉTODO</b>                          | <b>LD</b> | <b>LC</b>                     | <b>Resultado (R)</b> <b>Unidades</b> |
| Silice                                 | 0.0019    | 0.006                         | 2.7623 mg SiO <sub>2</sub> /L        |

|  |           |                               |                                      |
|--|-----------|-------------------------------|--------------------------------------|
| Código de Laboratorio:                 |           | W-0513-21                     |                                      |
| Identificación de Muestra:             |           | T1-4min-1gr-R2                |                                      |
| Método de Muestreo basado en:          |           |                               |                                      |
| Fecha / Hora de Muestreo:              |           | 03/09/2021 09:00              |                                      |
| Coordenadas (Zona / Este / Norte):     |           |                               |                                      |
| Tipo de muestra (Matriz / Sub Matriz): |           | Agua Residual / Agua Residual |                                      |
| <b>PRODUCTO: AGUA</b>                  |           |                               |                                      |
| <b>Parámetros instrumentales</b>       |           |                               |                                      |
| <b>MÉTODO</b>                          | <b>LD</b> | <b>LC</b>                     | <b>Resultado (R)</b> <b>Unidades</b> |
| Silice                                 | 0.0019    | 0.006                         | 2.6461 mg SiO <sub>2</sub> /L        |

|  |           |                               |                                      |
|--|-----------|-------------------------------|--------------------------------------|
| Código de Laboratorio:                 |           | W-0514-21                     |                                      |
| Identificación de Muestra:             |           | T1-4min-1gr-R3                |                                      |
| Método de Muestreo basado en:          |           |                               |                                      |
| Fecha / Hora de Muestreo:              |           | 03/09/2021 09:00              |                                      |
| Coordenadas (Zona / Este / Norte):     |           |                               |                                      |
| Tipo de muestra (Matriz / Sub Matriz): |           | Agua Residual / Agua Residual |                                      |
| <b>PRODUCTO: AGUA</b>                  |           |                               |                                      |
| <b>Parámetros instrumentales</b>       |           |                               |                                      |
| <b>MÉTODO</b>                          | <b>LD</b> | <b>LC</b>                     | <b>Resultado (R)</b> <b>Unidades</b> |
| Silice                                 | 0.0019    | 0.006                         | 2.4895 mg SiO <sub>2</sub> /L        |

LP-FO-130 / V805

Quím. Román Palacios Zdrahala  
C.O.P. 1002



Página 4 de 10

Los ensayos se han realizado en el Laboratorio Químico LABPERÚ E.I.R.L., y si el servicio lo considera la(s) contra muestra(s) del producto serán conservadas por un periodo de tiempo declarado y/o acordado con el cliente, luego del cual se eliminarán según nuestros procedimientos internos. Los resultados de los ensayos pertenecen sólo a las muestras ensayadas y no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas del producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Este Informe de Ensayo no podrá ser reproducido, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de LABPERÚ

**Av. Paredones N° 801, NASCA - Panamericana Sur Mz A2, Vista Alegre**  
**Telefax: (5156) 524060 Cel. Movistar: 955506006, RPM: #955506006 Claro RPC 956725178**

**www.labperu.com - email: labperu@yahoo.com - informes@labperu.com**



## INFORME DE ENSAYO N° MA0609210001

|  |           |                               |                                      |
|--|-----------|-------------------------------|--------------------------------------|
| Código de laboratorio:                 |           | W-0515-21                     |                                      |
| Identificación de Muestra:             |           | PC-4min-R2                    |                                      |
| Método de Muestreo basado en:          |           |                               |                                      |
| Fecha / Hora de Muestreo:              |           | 03/09/2021 08:00              |                                      |
| Coordenadas (Zona / Este / Norte):     |           |                               |                                      |
| Tipo de muestra (Matriz / Sub Matriz): |           | Agua Residual / Agua Residual |                                      |
| <b>PRODUCTO:</b> AGUA                  |           |                               |                                      |
| <b>Parámetros instrumentales</b>       |           |                               |                                      |
| <b>MÉTODO</b>                          | <b>LD</b> | <b>LC</b>                     | <b>Resultado (R)</b> <b>Unidades</b> |
| Silice                                 | 0.0019    | 0.006                         | 2.9215    mg SiO <sub>2</sub> /L     |

|  |           |                               |                                      |
|--|-----------|-------------------------------|--------------------------------------|
| Código de laboratorio:                 |           | W-0516-21                     |                                      |
| Identificación de Muestra:             |           | T2-4min-2gr-R1                |                                      |
| Método de Muestreo basado en:          |           |                               |                                      |
| Fecha / Hora de Muestreo:              |           | 03/09/2021 10:00              |                                      |
| Coordenadas (Zona / Este / Norte):     |           |                               |                                      |
| Tipo de muestra (Matriz / Sub Matriz): |           | Agua Residual / Agua Residual |                                      |
| <b>PRODUCTO:</b> AGUA                  |           |                               |                                      |
| <b>Parámetros instrumentales</b>       |           |                               |                                      |
| <b>MÉTODO</b>                          | <b>LD</b> | <b>LC</b>                     | <b>Resultado (R)</b> <b>Unidades</b> |
| Silice                                 | 0.0019    | 0.006                         | 2.2161    mg SiO <sub>2</sub> /L     |

|  |           |                               |                                      |
|--|-----------|-------------------------------|--------------------------------------|
| Código de laboratorio:                 |           | W-0517-21                     |                                      |
| Identificación de Muestra:             |           | T2-4min-2gr-R2                |                                      |
| Método de Muestreo basado en:          |           |                               |                                      |
| Fecha / Hora de Muestreo:              |           | 03/09/2021 10:00              |                                      |
| Coordenadas (Zona / Este / Norte):     |           |                               |                                      |
| Tipo de muestra (Matriz / Sub Matriz): |           | Agua Residual / Agua Residual |                                      |
| <b>PRODUCTO:</b> AGUA                  |           |                               |                                      |
| <b>Parámetros instrumentales</b>       |           |                               |                                      |
| <b>MÉTODO</b>                          | <b>LD</b> | <b>LC</b>                     | <b>Resultado (R)</b> <b>Unidades</b> |
| Silice                                 | 0.0019    | 0.006                         | 2.284    mg SiO <sub>2</sub> /L      |

|  |           |                               |                                      |
|--|-----------|-------------------------------|--------------------------------------|
| Código de laboratorio:                 |           | W-0518-21                     |                                      |
| Identificación de Muestra:             |           | T2-4min-2gr-R3                |                                      |
| Método de Muestreo basado en:          |           |                               |                                      |
| Fecha / Hora de Muestreo:              |           | 03/09/2021 10:00              |                                      |
| Coordenadas (Zona / Este / Norte):     |           |                               |                                      |
| Tipo de muestra (Matriz / Sub Matriz): |           | Agua Residual / Agua Residual |                                      |
| <b>PRODUCTO:</b> AGUA                  |           |                               |                                      |
| <b>Parámetros instrumentales</b>       |           |                               |                                      |
| <b>MÉTODO</b>                          | <b>LD</b> | <b>LC</b>                     | <b>Resultado (R)</b> <b>Unidades</b> |
| Silice                                 | 0.0019    | 0.006                         | 2.8347    mg SiO <sub>2</sub> /L     |

Cuitm. Ramón Palacios Zúñiga

C.O.P. 1002

LABPERU E.I.R.L.



Página 7 de 10

Los ensayos se han realizado en el Laboratorio Químico LABPERU E.I.R.L. Y si el servicio lo considera la(s) contra muestra(s) del producto serán conservadas por un periodo de tiempo declarado y/o acordado con el cliente, luego del cual se eliminarán según nuestros procedimientos internos. Los resultados de los ensayos pertenecen sólo a las muestras ensayadas y no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas del producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Este Informe de Ensayo no podrá ser reproducido, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de LABPERU

**Av. Paredones N° 801, NASCA - Panamericana Sur Mz A2, Vista Alegre**  
**Telefax: (5156) 524060 Cel. Movistar: 955506006, RPM: #955506006 Claro RPC 956725178**

**www.labperu.com - email: labperu@yahoo.com - informes@labperu.com**



### INFORME DE ENSAYO N° MA0609210001

Código de laboratorio: W-0519-21  
 Identificación de Muestra: PC-4min-R3  
 Método de Muestreo basado en:  
 Fecha / Hora de Muestreo: 03/09/2021 08:00  
 Coordenadas (Zona / Este / Norte):  
 Tipo de muestra (Matriz / Sub Matriz): Agua Residual / Agua Residual

PRODUCTO: AGUA

Parámetros instrumentales

| MÉTODO | LD     | LC    | Resultado (R) | Unidades               |
|--------|--------|-------|---------------|------------------------|
| Silíce | 0.0019 | 0.006 | 2.9573        | mg SiO <sub>2</sub> /L |

Código de laboratorio: W-0520-21  
 Identificación de Muestra: T3-4min-3gr-R1  
 Método de Muestreo basado en:  
 Fecha / Hora de Muestreo: 03/09/2021 11:00  
 Coordenadas (Zona / Este / Norte):  
 Tipo de muestra (Matriz / Sub Matriz): Agua Residual / Agua Residual

PRODUCTO: AGUA

Parámetros instrumentales

| MÉTODO | LD     | LC    | Resultado (R) | Unidades               |
|--------|--------|-------|---------------|------------------------|
| Silíce | 0.0019 | 0.006 | 2.9064        | mg SiO <sub>2</sub> /L |

Código de laboratorio: W-0521-21  
 Identificación de Muestra: T3-4min-3gr-R2  
 Método de Muestreo basado en:  
 Fecha / Hora de Muestreo: 03/09/2021 11:00  
 Coordenadas (Zona / Este / Norte):  
 Tipo de muestra (Matriz / Sub Matriz): Agua Residual / Agua Residual

PRODUCTO: AGUA

Parámetros instrumentales

| MÉTODO | LD     | LC    | Resultado (R) | Unidades               |
|--------|--------|-------|---------------|------------------------|
| Silíce | 0.0019 | 0.006 | 2.5744        | mg SiO <sub>2</sub> /L |

Código de laboratorio: W-0522-21  
 Identificación de Muestra: T3-4min-3gr-R3  
 Método de Muestreo basado en:  
 Fecha / Hora de Muestreo: 03/09/2021 11:00  
 Coordenadas (Zona / Este / Norte):  
 Tipo de muestra (Matriz / Sub Matriz): Agua Residual / Agua Residual

PRODUCTO: AGUA

Parámetros instrumentales

| MÉTODO | LD     | LC    | Resultado (R) | Unidades               |
|--------|--------|-------|---------------|------------------------|
| Silíce | 0.0019 | 0.006 | 2.7101        | mg SiO <sub>2</sub> /L |

LP-FO-130 / VR05

Quím. Román Palacios Zárate  
 C. Q. P. 1002  
 LABPERU E.I.R.L.



Página 8 de 10

Los ensayos se han realizado en el Laboratorio Químico LABPERU E.I.R.L., Y si el servicio lo considera la(s) contra muestra(s) del producto serán conservadas por un periodo de tiempo declarado y/o acordado con el cliente, luego del cual se eliminarán según nuestros procedimientos internos. Los resultados de los ensayos pertenecen sólo a las muestras ensayadas y no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas del producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Este Informe de Ensayo no podrá ser reproducido, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de LABPERU

Av. Paredones N° 801, NASCA - Panamericana Sur Mz A2, Vista Alegre  
 Telefax: (5156) 524060 Cel. Movistar: 955506006, RPM: 955506006 Claro RPC 956725178

www.labperu.com - email: labperu@yahoo.com - informes@labperu.com



### INFORME DE ENSAYO N° MA0609210001

|  |                               |
|--|-------------------------------|
| Código de laboratorio:                 | W-0523-21                     |
| Identificación de Muestra:             | T4-4min-4gr-R1                |
| Método de Muestreo basado en:          |                               |
| Fecha / Hora de Muestreo:              | 03/09/2021 12:00              |
| Coordenadas (Zona / Este / Norte):     |                               |
| Tipo de muestra (Matriz / Sub Matriz): | Agua Residual / Agua Residual |

**PRODUCTO:** AGUA

| Parámetros instrumentales |        | LD    | LC     | Resultado (R)          | Unidades |
|---------------------------|--------|-------|--------|------------------------|----------|
| MÉTODO                    |        |       |        |                        |          |
| Silice                    | 0.0019 | 0.006 | 2.9026 | mg SiO <sub>2</sub> /L |          |

|  |                               |
|--|-------------------------------|
| Código de laboratorio:                 | W-0524-21                     |
| Identificación de Muestra:             | T4-4min-4gr-R2                |
| Método de Muestreo basado en:          |                               |
| Fecha / Hora de Muestreo:              | 03/09/2021 12:00              |
| Coordenadas (Zona / Este / Norte):     |                               |
| Tipo de muestra (Matriz / Sub Matriz): | Agua Residual / Agua Residual |

**PRODUCTO:** AGUA

| Parámetros instrumentales |        | LD    | LC     | Resultado (R)          | Unidades |
|---------------------------|--------|-------|--------|------------------------|----------|
| MÉTODO                    |        |       |        |                        |          |
| Silice                    | 0.0019 | 0.006 | 3.1987 | mg SiO <sub>2</sub> /L |          |

|  |                               |
|--|-------------------------------|
| Código de laboratorio:                 | W-0525-21                     |
| Identificación de Muestra:             | T4-4min-4gr-R3                |
| Método de Muestreo basado en:          |                               |
| Fecha / Hora de Muestreo:              | 03/09/2021 12:00              |
| Coordenadas (Zona / Este / Norte):     |                               |
| Tipo de muestra (Matriz / Sub Matriz): | Agua Residual / Agua Residual |

**PRODUCTO:** AGUA

| Parámetros instrumentales |        | LD    | LC     | Resultado (R)          | Unidades |
|---------------------------|--------|-------|--------|------------------------|----------|
| MÉTODO                    |        |       |        |                        |          |
| Silice                    | 0.0019 | 0.006 | 3.0799 | mg SiO <sub>2</sub> /L |          |

|  |                               |
|--|-------------------------------|
| Código de laboratorio:                 | W-0526-21                     |
| Identificación de Muestra:             | T5-4min-5gr-R1                |
| Método de Muestreo basado en:          |                               |
| Fecha / Hora de Muestreo:              | 03/09/2021 13:00              |
| Coordenadas (Zona / Este / Norte):     |                               |
| Tipo de muestra (Matriz / Sub Matriz): | Agua Residual / Agua Residual |

**PRODUCTO:** AGUA

| Parámetros instrumentales |        | LD    | LC     | Resultado (R)          | Unidades |
|---------------------------|--------|-------|--------|------------------------|----------|
| MÉTODO                    |        |       |        |                        |          |
| Silice                    | 0.0019 | 0.006 | 3.4194 | mg SiO <sub>2</sub> /L |          |

LP-FO-130 / V005

Quím. Román Palacios Zárate  
C. Q. P. 1002  
LABPERU E.I.R.L.



Página 9 de 10

Los ensayos se han realizado en el Laboratorio Químico LABPERU E.I.R.L., Y si el servicio lo considera la(s) contra muestra(s) del producto serán conservadas por un periodo de tiempo declarado y/o acordado con el cliente, luego del cual se eliminarán según nuestros procedimientos internos. Los resultados de los ensayos pertenecen sólo a las muestras ensayadas y no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas del producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Este Informe de Ensayo no podrá ser reproducido, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de LABPERU

Av. Paredones N° 801, NASCA - Panamericana Sur Mz A2, Vista Alegre  
Telefax: (5156) 524060 Cel. Movistar: 955506006, RPM: 955506006 Claro RPC 956725178

www.labperu.com - email: labperu@yahoo.com - informes@labperu.com



## INFORME DE ENSAYO N° MA0609210001

|  |                               |
|--|-------------------------------|
| Código de laboratorio:                 | W-0527-21                     |
| Identificación de Muestra:             | T5-4min-5gr-R2                |
| Método de Muestreo basado en:          |                               |
| Fecha / Hora de Muestreo:              | 03/09/2021 13:00              |
| Coordenadas (Zona / Este / Norte):     |                               |
| Tipo de muestra (Matriz / Sub Matriz): | Agua Residual / Agua Residual |

| <b>PRODUCTO: AGUA</b>            |        |       |               |                       |
|----------------------------------|--------|-------|---------------|-----------------------|
| <i>Parámetros instrumentales</i> |        |       |               |                       |
| MÉTODO                           | LD     | LC    | Resultado (R) | Unidades              |
| Silice                           | 0.0019 | 0.006 | 3.2685        | mg SO <sub>4</sub> /L |

|  |                               |
|--|-------------------------------|
| Código de laboratorio:                 | W-0528-21                     |
| Identificación de Muestra:             | T5-4min-5gr-R3                |
| Método de Muestreo basado en:          |                               |
| Fecha / Hora de Muestreo:              | 03/09/2021 13:00              |
| Coordenadas (Zona / Este / Norte):     |                               |
| Tipo de muestra (Matriz / Sub Matriz): | Agua Residual / Agua Residual |

| <b>PRODUCTO: AGUA</b>            |        |       |               |                       |
|----------------------------------|--------|-------|---------------|-----------------------|
| <i>Parámetros instrumentales</i> |        |       |               |                       |
| MÉTODO                           | LD     | LC    | Resultado (R) | Unidades              |
| Silice                           | 0.0019 | 0.006 | 3.2383        | mg SO <sub>4</sub> /L |

|         |   |
|---------|---|
| Ensayo: | REFERENCIA O NORMA  |
| Silice  | Methods for the Analysis of Ore, Rocks and Related Materials, 2E. Determination of Silicon in Iron Ores by the Molybdenum Blue Method |

**Observaciones:**

Muestra e información de muestreo proporcionada por el cliente

**Nota:** Para una adecuada comparación e interpretación de los resultados analíticos se requiere que las muestras cumplan con los requerimientos de muestreo, manipulación y almacenamiento establecidos en las normas analíticas.

LD: Límite de Detección, LC: Límite de Cuantificación, **Incert:** Incertidumbre expandida, Valor = LD: Valor detectado por el método. No repetible  
 Valor > LC: Valor detectado por el método. **Repetible.** Valor entre LD y LC: Valor detectado por el método. **Con probabilidad de Repetir.**

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA

(\*\*) La muestra no cumple con los requerimientos especificados en el Método de Ensayo, por lo que se emite el resultado como "NO ACREDITADO"

Emisión en Nasca 11 de setiembre del 2021

  
 Quím. Román Palacios Zárate  
 C.O.P. 1002  
 LABPERU E.I.R.L.



Fin de documento

IP-FO-130 / VROS

Página 10 de 10

Los ensayos se han realizado en el Laboratorio Químico LABPERU E.I.R.L., Y si el servicio lo considera la(s) contra muestra(s) del producto serán conservadas por un periodo de tiempo declarado y/o acordado con el cliente, luego del cual se eliminarán según nuestros procedimientos internos. Los resultados de los ensayos pertenecen sólo a las muestras ensayadas y no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas del producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Este Informe de Ensayo no podrá ser reproducido, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de LABPERU

Av. Paredones N° 801, NASCA - Panamericana Sur Mz A2, Vista Alegre  
 Telefax: (5156) 524060 Cel. Movistar: 955506006, RPM: 955506006 Claro RPC 956725178

www.labperu.com - email: labperu@yahoo.com - informes@labperu.com



| CADENA DE CUSCO DIA MEDIO AMBIENTE N° 0102-21  |                   |   |                              |  |                              |  |             |                                      |    | Código:   | LP-FO-318    |                                     |          |     |     |
|--|-------------------|---|------------------------------|--|------------------------------|--|-------------|--------------------------------------|----|---|--------------|-------------------------------------|----------|-----|-----|
|  |                   |   |                              |  |                              |  |             |                                      |    | Versión:  | 01           |                                     |          |     |     |
|  |                   |   |                              |  |                              |  |             |                                      |    | Página:   | 02 DE 04     |                                     |          |     |     |
| Laboratorio: Av. Paredones N°801 - Nueva - Ica Of. Administrativa: Av. Panamericana Sur Mz.A-2 - Vista Alegre - Nasca - Ica telfax: (053)324966 Movistar: 955506006 RPM: 811606 Claro RPC: 956725178 email: labperu@yahoo.com / informes@labperu.com Visite nuestra web: www.labperu.com |                   |   |                              |  |                              |  |             |                                      |    | DATOS DEL MUESTREO  |              |                                     |          |     |     |
| CLIENTE: JUDITH PAMELA CURASI MAYOR / LIZBETH INGRIT TOLENTINO TUEROS  |                   |   |                              |  | LUGAR DE MUESTREO: HUANCAYO  |  |             |                                      |    | Envase**  |              |                                     |          |     |     |
| DIRECCION: HUANCAYO  |                   |   |                              |  | INSTRUCTIVO N°: Huancayo     |  |             |                                      |    | Preservante*  |              |                                     |          |     |     |
| DEPARTAMENTO: JUNIN  |                   |   |                              |  | CONTACTO: Charles Bonifacio  |  |             |                                      |    | COTIZACION N°: 2108 - 007 V+00  |              |                                     |          |     |     |
| PROVINCIA: JULIA   |                   |   |                              |  | TELEFONO: 954801600          |  |             |                                      |    | OTROS:  |              |                                     |          |     |     |
| DISTRITO: PACHACAYO  |                   |   |                              |  | CORREO: cjluna1107@gmail.com |  |             |                                      |    | ENSAYO (S) SOLICITADO (S)   |              |                                     |          |     |     |
| Código de Laboratorio  | Punto de Muestreo | Código de Material de Muestreo  | MATRIZ (*) / SUB MATRIZ (**) | Muestreo                                 |                              | Coordenadas Geográficas UTM (HUSO-E-N) |             | N° de Envases                        | Sp | Envase**  | Preservante* | Control de pH                       |          |     |     |
|  |                   |   |                              | Fecha                                    | Hora (24 Hrs)                | HUSO                                   | Coordenadas |                                      |    |   |              | Medición de pH                      | Análisis | VºP | VºP |
| W-0502-21  | T3-2min-3gr-R1    | -   | 2                            | 02/09/21                                 | 11:00                        | -                                      | E<br>N      | 1                                    | X  |   |              | 6.0                                 | 5.0      | /   |     |
| W-0503-21  | T3-2min-3gr-R2    | -   | 2                            | 02/09/21                                 | 11:00                        | -                                      | E<br>N      | 1                                    | X  |   |              | 6.0                                 | 5.0      | /   |     |
| W-0504-21  | T3-2min-3gr-R3    | -   | 2                            | 02/09/21                                 | 11:00                        | -                                      | E<br>N      | 1                                    | X  |   |              | 6.0                                 | 5.0      | /   |     |
| W-0505-21  | T4-2min-4gr-R1    | -   | 2                            | 02/09/21                                 | 12:00                        | -                                      | E<br>N      | 1                                    | X  |   |              | 6.0                                 | 5.0      | /   |     |
| W-0506-21  | T4-2min-4gr-R2    | -   | 2                            | 02/09/21                                 | 12:00                        | -                                      | E<br>N      | 1                                    | X  |   |              | 6.0                                 | 5.0      | /   |     |
| W-0507-21  | T4-2min-4gr-R3    | -   | 2                            | 02/09/21                                 | 12:00                        | -                                      | E<br>N      | 1                                    | X  |   |              | 6.0                                 | 5.0      | /   |     |
| W-0508-21  | T5-2min-5gr-R1    | -   | 2                            | 02/09/21                                 | 13:00                        | -                                      | E<br>N      | 1                                    | X  |   |              | 6.0                                 | 5.0      | /   |     |
| W-0509-21  | T5-2min-5gr-R2    | -   | 2                            | 02/09/21                                 | 13:00                        | -                                      | E<br>N      | 1                                    | X  |   |              | 6.0                                 | 5.0      | /   |     |
| W-0510-21  | T5-2min-5gr-R3    | -   | 2                            | 02/09/21                                 | 13:00                        | -                                      | E<br>N      | 1                                    | X  |   |              | 6.0                                 | 5.0      | /   |     |
| W-0511-21  | PC-4min-R1        | -   | 2                            | 03/09/21                                 | 08:00                        | -                                      | E<br>N      | 1                                    | X  |   |              | 8.0                                 | 5.0      | /   |     |
| * MATRIZ   |                   | ** SUB MATRIZ   |                              | * MATRIZ                                 |                              | ** SUB MATRIZ                          |             | Equipos utilizados (Código)          |    | Control de Calidad en recepción de Muestras (Llenado por Área de Recepción de Muestras LABPERU) |              |                                     |          |     |     |
| 1: Agua Natural  |                   | A = Subterránea, A.1 = Matricial, A.2 = Termal, B = Agua Superficial, B.1 = Río, B.2 = (Laguna o Lago), B.3 = Atmosférica (Borva o pluvial)                               |                              | 6: Calidad de Aire                       |                              | A = Suelo, B = Lodo, C = Sedimento     |             |                                      |    | Recepcionado por: <i>Marielito Sulea</i>  |              | Firma VºP Recepción: <i>[Firma]</i> |          |     |     |
| 2: Agua Residual   |                   | A = Doméstica, B = Industrial, C = Municipal  |                              | 7: Muestra Sólida                        |                              |  |             |                                      |    | Fecha y Hora (24:00): 02/09/21 09:07  |              | Nro de Solicitud de ensayo          |          |     |     |
| 3: Agua para Uso y Consumo Humano  |                   | A = Bebida, B = Potable, C = Men, D = Envasada, E = Fricción, F = Laguna Superficial  |                              | 8: Ruido                                 |                              |  |             |                                      |    | Código de Equipo: P-TECW-03   |              | SE-0085-21                          |          |     |     |
| 4: Aguas Salinas   |                   | A = Mar, B = Salobres, C = Salmuera, D = Inyección, E = Reinyección   |                              | 9: Otros:                                |                              |  |             |                                      |    | Recipiente adecuado (SI/No): SI   |              | Fecha de entrega de informe         |          |     |     |
| 5: Agua de Proceso   |                   | A = Circulación o enfriamiento, B = Alimentación para caldera, C = Caldera, D = Lavación, E = Parafusada, F = Inyección y Reinyección                                     |                              |  |                              |  |             |                                      |    | Cadena de Frio (T°C/V): 3.3   |              | 11/09/2021                          |          |     |     |
| *Preservantes:   |                   | AN1 (Acido Nitroso), AC (Acido Clorhídrico), AS (Acido Sulfúrico), IS (Hidróxido de Sodio), AZ (Acetato de Zinc), SA (Solución de Amonio), SP (Sin Preservación) O (Otro) |                              | **Envases:                               |                              | P (Plástico), V (Vidrio), E (Especial) |             |                                      |    | Bien preservadas (SI/No): SI  |              |                                     |          |     |     |
| Responsable de la toma de muestra  |                   |   |                              | Supervisor y/o Representante del cliente |                              |  |             | Muestra recibida intacta (SI/No): SI |    |   |              |                                     |          |     |     |
| Nombre y Apellidos y/o Empresa:  |                   | Firma:  |                              | Nombre Apellidos y/o Empresa:            |                              | Firma:                                 |             |                                      |    | Observaciones: Muestras tomadas por el cliente  |              |                                     |          |     |     |
| Judith Pamela Curasi Mayor   |                   | <i>[Firma]</i>  |                              |  |                              |  |             |                                      |    |   |              |                                     |          |     |     |
| Fecha y Hora (24:00): 02/09/21 13:25   |                   |   |                              | Fecha y Hora (24:00):                    |                              |  |             |                                      |    |   |              |                                     |          |     |     |
| OBSERVACIONES:   |                   |   |                              |  |                              |  |             |                                      |    | VºBº jefe de laboratorio  |              |                                     |          |     |     |





CADENA DE CUSTODIA MEDIO AMBIENTE N° 0102-21

Código: LP-FO-318  
 Versión: 01  
 Página: 04 DE 04

Laboratorio: Av. Paredones N°801 - Nasca - Ica Of. Administrativos: Av. Panamericana Sur Mz A-2 - Vista Alegre - Nasca - Ica teléfax (051)324060 Movistar: 955506006 RPM: 8116006 Claro RPC: 956725178 email: labperu@yahoo.com / informes@labperu.com Visite nuestra web: www.labperu.com

| DATOS DEL CLIENTE   |                       |   |                              | DATOS DEL MUESTREO                       |               |  |             |                             |    |   |                |   |      |   |
|---|-----------------------|---|------------------------------|--|---------------|--|-------------|-----------------------------|----|---|----------------|---|------|---|
| CLIENTE: JUDITH PAMELA CURASI MAYOR / LIZBETH INGRIT TOLENTINO TUEROS |                       |   |                              | LUGAR DE MUESTREO: HUANCAYO              |               |  |             |                             |    |   |                |   |      |   |
| DIRECCION: HUANCAYO   |                       |   |                              | INSTRUCTIVO N°:                          |               | COTIZACIÓN N°: 2108-007_Vr00           |             |                             |    |   |                |   |      |   |
| DEPARTAMENTO: JUNIN   |                       | CONTACTO: Charles Bonifacio   |                              | PLAN DE MUESTREO N°:                     |               | OTROS:                                 |             |                             |    |   |                |   |      |   |
| PROVINCIA: JAUJA  |                       | TELÉFONO: 964801600   |                              | ENSAYO(S) SOLICITADO(S)                  |               |  |             |                             |    |   |                |   |      |   |
| DISTRITO: PACHACAYO   |                       | CORREO: cjluna1107@gmail.com  |                              | Envase**                                 |               |  |             |                             |    |   |                |   |      |   |
| DESCRIPCIÓN DEL MUESTREO  |                       |   |                              | Preservante*                             |               |  |             |                             |    |   |                |   |      |   |
| Código de Laboratorio   | Punto de Muestreo     | Código de Material de Muestreo  | MATRIZ (*) / SUB MATRIZ (**) | Muestreo                                 |               | Coordenadas Geográficas UTM (HUSO-E-N) |             | N° de Envases               | SP | Silica  | Control de pH  |   |      |   |
|   |                       |   |                              | Fecha                                    | Hora (24 Hrs) | HUSO                                   | Coordenadas |                             |    |   | Medición de pH | Análisis                                  | VºBº |   |
| W-0522-21   | T3 - 4 min - 3gr - R3 | -   | 2                            | 03/09/21                                 | 11:00         | -                                      | E -<br>N -  | 1                           | X  |   |                | 7.0                                       | SiO2 | / |
| W-0523-21   | T4 - 4 min - 4gr - R1 | -   | 2                            | 03/09/21                                 | 12:00         | -                                      | E -<br>N -  | 1                           | X  |   |                | 7.0                                       | SiO2 | / |
| W-0524-21   | T4 - 4 min - 4gr - R2 | -   | 2                            | 03/09/21                                 | 12:00         | -                                      | E -<br>N -  | 1                           | X  |   |                | 7.0                                       | SiO2 | / |
| W-0525-21   | T4 - 4 min - 4gr - R3 | -   | 2                            | 03/09/21                                 | 12:00         | -                                      | E -<br>N -  | 1                           | X  |   |                | 7.0                                       | SiO2 | / |
| W-0526-21   | T4 - 4 min - 5gr - R1 | -   | 2                            | 03/09/21                                 | 13:00         | -                                      | E -<br>N -  | 1                           | X  |   |                | 7.0                                       | SiO2 | / |
| W-0527-21   | T5 - 4 min - 5gr - R2 | -   | 2                            | 03/09/21                                 | 13:00         | -                                      | E -<br>N -  | 1                           | X  |   |                | 7.0                                       | SiO2 | / |
| W-0528-21   | T5 - 4 min - 5gr - R3 | -   | 2                            | 03/09/21                                 | 13:00         | -                                      | E -<br>N -  | 1                           | X  |   |                | 7.0                                       | SiO2 | / |
| * MATRIZ  |                       | ** SUB MATRIZ   |                              | * MATRIZ                                 |               | ** SUB MATRIZ                          |             | Equipos utilizados (Código) |    | Control de Calidad en recepción de Muestras (Llenado por Área de Recepción de Muestras LABPERU) |                |   |      |   |
| 1: Agua Natural   |                       | A = Subterránea, A.1 = Manantial, A.2 = Terminal, B = Agua Superficial,   |                              | 6: Calidad de Aire                       |               | A = Suelo, B = Lodo, C = Sedimento     |             |                             |    | Recepcionado por:   |                | Firma VºBº Recepción:                     |      |   |
| 2: Agua Residual  |                       | B.1 = Río, B.2 = Laguna o Lago, B.3 = Atmosférica (lluvia o pluvial)  |                              | 7: Muestra Sólida                        |               |  |             |                             |    | Manicela Sulca  |                | Manicela Sulca                            |      |   |
| 3: Agua para Uso y Consumo Humano                                     |                       | A = Doméstica, B = Industrial, C = Municipal  |                              | 8: Ruido                                 |               |  |             |                             |    | Fecha y Hora (24:00): 06/09/21 09:05  |                | Nro de Solicitud de envío                 |      |   |
| 4: Aguas Salinas  |                       | A = Bebida, B = Potable, C = Mesa, D = Evaporada, E = Placma, F = Laguna Superficial  |                              | 9: Otros:                                |               |  |             |                             |    | Código de Equipos: LP-TERW-03   |                | SE-0065-21                                |      |   |
| 5: Agua de Proceso  |                       | A = Mar, B = Salobres, C = Salinera, D = Inyección, E = Reinyección   |                              |  |               |  |             |                             |    | Recipiente adecuado (Si/No): SI   |                | Fecha de entrega de informe               |      |   |
| *Preservantes:  |                       | ANI (Ácido Nítrico), AC (Ácido Clorhídrico), AS (Ácido Sulfúrico), IS (Índice de Sodio), AZ (Acetato de Zinc), SA (Sulfato de Amonio), SP (Sin Preservación) O (Otro) |                              | **Envase:                                |               | P (Plástico), V (Vidrio), E (Especial) |             |                             |    | Cadena de Frío (T°C): 3.8   |                | Dentro del tiempo de análisis (Si/No): SI |      |   |
| Responsable de la toma de muestra                                     |                       |   |                              | Supervisor y/o Representante del cliente |               |  |             |                             |    | Bien preservadas (Si/No): SI  |                | Muestra recibida íntacta (Si/No): SI      |      |   |
| Nombre y Apellidos y/o Empresa:                                       |                       | Firma:  |                              | Nombre Apellidos y/o Empresa:            |               | Firma:                                 |             |                             |    | Observaciones:  |                | 11/09/2021                                |      |   |
| Judith Pamela Curasi Mayor  |                       |   |                              |  |               |  |             |                             |    | Muestras tomadas por el Cliente   |                |   |      |   |
| Fecha y Hora (24:00): 02/09/21 13:05                                  |                       |   |                              | Fecha y Hora (24:00):                    |               |  |             |                             |    |   |                |   |      |   |
| OBSERVACIONES:  |                       |   |                              |  |               |  |             |                             |    |   |                |   |      |   |



