

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS,  
GEOLOGÍA Y CIVIL**



**EFFECTO DEL EFLUENTE LÍQUIDO DE MINA Y LA CALIDAD DEL AGUA DE  
LA LAGUNA ANIMÓN, DISTRITO DE HUAYLLAY, PROVINCIA DE PASCO,  
REGIÓN PASCO, 2022**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN CIENCIAS  
DE LA INGENIERÍA, MENCIÓN GERENCIA DE PROYECTOS Y MEDIO  
AMBIENTE**

**AUTOR:**

Bach. AMILCAR TACURI GAMBOA

**ASESOR:**

DR. ING. EFRAÍN ELÍAS PORRAS FLORES

**AYACUCHO – PERÚ**

**2022**

## **DEDICATORIA**

Gracias a Dios por el regalo de vida y la confianza que me dio para realizar este trabajo de investigación.

A mi familia por su apoyo incondicional en mis proyectos de vida, la cual han sido el motor y motivo de seguir creciendo profesionalmente en esta vida competitiva.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por bendecir mi camino, por guiar mi vida y a superar todas las pruebas de la vida, la cual me ha fortalecido como una buena persona.

A mis padres, que siempre me han dado su apoyo incondicional, por su dedicación y esfuerzo, por su gran ejemplo, por todo el amor y comprensión, por darme valores, una formación académica, los llevo eternamente en mi corazón y siempre serán las personas maravillosas en mi vida.

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, a la sección de posgrado de la Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil, en especial a mis docentes que me han inculcado los valores y conocimientos para ser un profesional competitivo que pueda resolver los problemas de interés en la sociedad.

A mi asesor el Dr. Ing. Efraín Elías Porras Flores, por guiarme y motivarme en la elaboración de esta tesis, ya que sin su esfuerzo y esmero no hubiera sido posible.

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
ÍNDICES DE TABLAS .....	viii
ÍNDICES DE FIGURAS .....	ix
RESUMEN .....	x
INTRODUCCIÓN .....	xii
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	2
1.2.1. Problema General .....	2
1.2.2. Problemas Específicos .....	2
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	2
1.3.1. Objetivo General .....	2
1.3.2. Objetivos Específicos .....	2
1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN .....	3
1.4.1. Justificación de la Investigación.....	3
1.4.2. Importancia de la Investigación .....	3
1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....	4
1.5.1. Alcances de la Investigación .....	4
1.5.2. Limitaciones de la Investigación .....	4
II. MARCO TEÓRICO .....	5
2.1 ANTECEDENTES .....	5
2.1.1. Antecedentes Internacionales .....	5
2.1.2. Antecedentes Nacionales .....	7
2.2 MARCO CONCEPTUAL .....	9
2.2.1. Efluente Líquido de Mina .....	9
2.2.1.1. Lodos de Mina .....	9

2.2.1.2. Drenaje Ácido de Mina .....	10
2.2.2. Calidad del Agua .....	11
2.2.2.1. Parámetros Físicos – Químicos .....	12
2.2.2.2. Parámetros Microbiológicos .....	16
2.3 MARCO REFERENCIAL .....	17
2.3.1. Técnicas Estadísticas .....	17
2.3.2. IBM SPSS Statistics .....	19
2.4. MARCO LEGAL .....	21
2.4.1. Ley General del Ambiente .....	21
2.4.2. Decreto Legislativo N° 1055 .....	22
2.4.3. Ley de Recursos Hídricos .....	23
2.4.4. Decreto Supremo N° 010-MINAM .....	24
2.4.5. Decreto Supremo N° 004-2017 – MINAM .....	25
2.5. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN .....	29
2.5.1. Hipótesis General .....	29
2.5.2. Hipótesis Específicas .....	29
III. DISEÑO METODOLÓGICO .....	29
3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN .....	29
3.1.1. Tipo de Investigación .....	29
3.1.2. Nivel de Investigación .....	30
3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	31
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA .....	31
3.3.1. Población .....	31
3.3.2. Muestra .....	32
3.4. VARIABLES .....	34
3.4.1. Definición Conceptual de las Variables .....	34

3.4.1.1. Variable Causa .....	34
3.4.1.2. Variable Efecto .....	35
3.4.2. Definición Operacional de las Variables .....	36
3.4.2.1. Variable Causa .....	36
3.4.2.2. Variable Efecto .....	36
3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	36
3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN .....	38
3.6.1. Técnicas de Recolección de Datos .....	38
3.6.2. Instrumentos de Recolección de Datos .....	39
3.6.3. Validez del Instrumento .....	40
3.7. PROCEDIMIENTOS .....	41
3.7.1. Criterios para la Evaluación de la Calidad del Agua .....	45
3.7.2. Descripción de Procedimientos de Análisis .....	45
IV. RESULTADOS .....	46
4.1. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS .....	46
4.1.1. Resultados de Parámetros In Situ .....	46
4.1.1.1. Temperatura .....	46
4.1.1.2. Potencial de Hidrógeno pH .....	46
4.1.1.3. Conductividad Eléctrica (C.E) .....	47
4.1.1.4. Oxígeno Disuelto .....	47
4.1.2. Resultados de Parámetros Físico Químicos .....	48
4.1.2.1. Aceites y Grasas .....	48
4.1.2.2. Cianuro Libre .....	48
4.1.2.3. Demanda Bioquímica de Oxígeno <b>D</b> 5 .....	49
4.1.2.4. Fenoles .....	49
4.1.2.5. Nitratos .....	50

4.1.2.6. Sólidos Suspendidos Totales .....	50
4.1.2.7. Sulfuros .....	51
4.1.2.8. Metales .....	51
4.1.3. Resultados de Parámetros Microbiológicos .....	52
4.1.3.1. Coliformes Termotolerantes .....	52
4.2. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN .....	53
4.2.1. Contrastación de la Hipótesis General .....	53
4.2.2. Contrastación de la Hipótesis Específicas .....	56
4.2.2.1. Contrastación de la Hipótesis Específica 1 .....	56
4.2.2.2. Contrastación de la Hipótesis Específica 2 .....	58
4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	59
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	61
5.1. CONCLUSIONES .....	61
5.2. RECOMENDACIONES .....	62
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	63
VII. ANEXOS .....	66
Anexo 1. Matriz de Consistencia .....	66
Anexo 2. Certificado de Validez del Instrumento que Mide la Calidad del Agua .....	67
Anexo 3. Matriz de Opinión de Jueces .....	68
Anexo 4. Instrumento para Recolectar Datos .....	70
Anexo 5. Registro Fotográfico .....	74

## ÍNDICES DE TABLAS

Tabla 1. Niveles de Medición y Ejemplos de Variables .....	20
Tabla 2. Límites Máximos Permisibles para la Descarga de Efluentes Líquidos .....	24
Tabla 3. Categoría 4: Conservación del Medio Acuático .....	27
Tabla 4. Ubicación de la Estaciones de Muestreo .....	33
Tabla 5. Operacionalización de Variables .....	37
Tabla 6. Parámetros a Analizar en Agua Superficial en la Laguna Animón .....	41
Tabla 7. Materiales para el Monitoreo de Agua de los Recursos Hídricos Superficiales .....	42
Tabla 8. Datos de Laboratorio .....	43
Tabla 9. Métodos Utilizados en los Ensayos .....	44
Tabla 10. Medición de Temperatura .....	46
Tabla 11. Medición de Potencial de Hidrógeno pH .....	47
Tabla 12. Medición de la Conductividad Eléctrica .....	47
Tabla 13. Medición de Oxígeno Disuelto .....	48
Tabla 14. Concentración de Aceites y Grasas .....	48
Tabla 15. Concentración de Cianuro Libre .....	49
Tabla 16. Concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno .....	49
Tabla 17. Concentración de Fenoles .....	50
Tabla 18. Concentración de Nitratos .....	50
Tabla 19. Cantidad de Sólidos Suspendedos Totales .....	51
Tabla 20. Concentración de Sulfuros .....	51
Tabla 21. Concentración de Metales en la Estación de Muestreo .....	52
Tabla 22. Concentración de Coliformes Termotolerantes .....	53
Tabla 23. Cuadro Comparativo entre ECA Agua y el Promedio de Muestras .....	54
Tabla 24. Correlación entre las Variables de la Hipótesis General .....	55
Tabla 25. Cuadro Comparativo entre el LMP para Descarga y Lodos de Mina .....	56
Tabla 26. Correlación entre las Variables de Hipótesis Específica 1 .....	57
Tabla 27. Cuadro Comparativo entre el LMP para Descargas y Drenaje Acido de Mina .....	58
Tabla 28. Correlación entre las Variables de Hipótesis Específica 2 .....	59

## ÍNDICES DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de Ubicación Geográfica de la Zona de Estudio .....	32
Figura 2. Ubicación Geográfica de la Laguna Animón .....	33
Figura 3. Etiqueta para la Muestra de Agua .....	34
Figura 4. Vista de la zona de estudio .....	39

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de investigación es verificar la calidad del efluente líquido de la Planta de tratamiento que descarga en la laguna Animón y el control de la calidad del agua de la misma laguna. La metodología es de tipo observacional, ya que en el estudio se observó las variables sin modificarlos, la planificación de toma de datos es prospectivo, transversal y analítico. El nivel de investigación es explicativo al tratar de explicar las causas de los efectos estudiados del efluente líquido de mina. El diseño de investigación es no experimental. El trabajo consistió en la recolección de datos de fuente primaria, que se basó en la toma de muestra en la descarga de la planta de tratamiento y en el cuerpo de agua de la laguna, para ello se utilizó la etiqueta de identificación de la muestra según el modelo del formato dado por ANA, se empleó el instrumento de registro, para recolectar los datos, luego de los análisis realizados a las muestras, por la empresa de Servicios Analíticos Generales S.A.C, sobre los parámetros físicos- químicos y microbiológicos de la laguna Animón. El resultado de los análisis de los parámetros físico - químicos y microbiológicos realizada en los cuerpos de agua de la laguna Animón y evaluados según la categoría IV: conservación del ambiente acuático, en particular la sub categoría E1: lagos y lagunas, de acuerdo a la comparación realizada con el valor promedio de las muestras obtenidos en las estaciones de muestreo  $E_1, E_2, E_3$  y  $E_4$  y analizadas en el laboratorio, se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la normatividad vigente. Por ello podemos mencionar que la compañía minera Volcán cumple con el correcto tratamiento del efluente líquido de mina. A diferencia de los siguientes parámetros: sólidos suspendidos totales que en las aguas de la laguna Animón que tiene un valor promedio de  $30.51 \text{ m /L}$ , la normatividad establece un valor de  $25.0 \text{ m /L}$ , la cual ésta supera en 22.04%; la concentración de sulfuros tiene un valor promedio de  $0.003 \text{ m /L}$ , la normatividad establece un valor de  $0.002 \text{ m /L}$ , por lo cual esta concentración de sulfuros supera en un 50.0% al valor límite establecido y por último la concentración de plomo en las aguas de la laguna Animón tiene un valor promedio de  $0.0040 \text{ m /L}$ , la normatividad establece un valor de  $0.0025 \text{ m /L}$ , la cual en comparación con la concentración de  $P$  en las aguas de la laguna Animón exceden en un 60.0 % a los valores establecidos por la normatividad vigente.

**Palabra clave:** Efluente líquido de mina, calidad de agua, monitoreo de agua.

## ABSTRACT

The objective of this research work is to verify the quality of the liquid effluent from the treatment plant that discharges into the Animón lagoon and to control the water quality of the lagoon itself. The methodology is observational, since in the study the variables were observed without modifying them, the planning of data collection is prospective, transversal and analytical. The level of research is explanatory as it tries to explain the causes of the studied effects of the mine liquid effluent. The research design is non-experimental. The work consisted of primary source data collection, which was based on sampling in the discharge of the treatment plant and in the lagoon water body, for which the sample identification label was used according to the model format given by ANA, the recording instrument was used to collect data, after the analysis of the samples, by the company Servicios Analíticos Generales S.A.C, on the physical-chemical and microbiological parameters of the Animón lagoon. The results of the analysis of the physical-chemical and microbiological parameters carried out in the water bodies of the Animón Lagoon and evaluated according to category IV: conservation of the aquatic environment, in particular subcategory E1: lakes and lagoons, according to the comparison with the average value of the samples obtained at sampling stations E\_1, E\_2, E\_3 and E\_4 and analyzed in the laboratory, are within the parameters established by current regulations. Therefore, we can say that the Volcan mining company complies with the correct treatment of the mine's liquid effluent. Unlike the following parameters: total suspended solids in the Animón lagoon water, which has an average value of 30.51 mg/L, the regulations establish a value of 25.0 mg/L, which is 22.04% higher; the sulfide concentration has an average value of 0.003 mg/L, the regulations establish a value of 0.002 mg/L, so this sulfide concentration is 50% higher than the established limit value; and finally, the sulfide concentration is 50% higher than the established limit value. Finally, the concentration of lead in the waters of Animón lagoon has an average value of 0.0040 mg/L; the regulation establishes a value of 0.0025 mg/L, which in comparison with the concentration of Pb in the waters of Animón lagoon exceeds the values established by current regulations by 60.0%.

**Keyword:** Mine liquid effluent, water quality, water monitoring.

## INTRODUCCIÓN

El presente estudio se enmarca en la temática del medio ambiente, ya que la afección de los efluentes mineros en la calidad del agua, propician la contaminación de estas, con metales pesados, que son tóxicos, y en concentraciones elevadas al límite permisible por las normas y estándares de calidad de agua, pueden causar daños a la población aledaña cuando esta es utilizada en la ganadería y agricultura.

En tal sentido se da a conocer la calidad del agua de la laguna Animón por la descarga de los efluentes líquidos de la mina como consecuencia de la operación de la compañía minera Volcan S.A.A, en la que se estableció estaciones de muestreo  $E_1$ ,  $E_2$ ,  $E_3$  y  $E_4$ , en los cuerpos de agua de la laguna Animón, para luego realizar los análisis físico – químicos y microbiológicos en un laboratorio certificado.

La metodología es de tipo observacional, ya que en el estudio se observó las variables sin modificarlos, la planificación de toma de datos es prospectivo, transversal y analítico. El nivel de investigación es explicativo al tratar de explicar las causas de los efectos estudiados del efluente líquido de mina. El diseño de investigación es no experimental. El trabajo consistió en la recolección de datos de fuente primaria, que se basó en la toma de muestra en la descarga de la planta de tratamiento y en el cuerpo de agua de la laguna, para ello se utilizó la etiqueta de identificación de la muestra según el modelo del formato dado por ANA, se empleó el instrumento de registro, para recolectar los datos, luego de los análisis realizados a las muestras, por la empresa de Servicios Analíticos Generales S.A.C, sobre los parámetros físicos- químicos y microbiológicos de la laguna Animón

El resultado de esta evaluación, expresa la calidad del efluente líquido de mina que descarga en la laguna Animón, distrito de Huayllay, provincia de Pasco, región Pasco, 2022. Según las muestras analizadas de los parámetros físicos – químicos y microbiológicos obtenidas de las estaciones de muestreo en las aguas de la laguna Animón, y haciendo la comparación con el Decreto Supremo N° 004- 2017 – MINAM, los parámetros evaluados según la categoría 4: conservación del ambiente acuático, en particular la sub categoría E1: lagos y lagunas, cuyos valores promedio de las muestras obtenidos en las estaciones de muestreo  $E_1$ ,  $E_2$ ,  $E_3$  y  $E_4$  en el laboratorio de Servicios Analíticos Generales S.A.C, se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la normatividad vigente, a excepción de los siguientes parámetros: sólidos

suspendidos totales que en las aguas de la laguna Animón se tiene un valor promedio de  $30.51 \text{ m} / \text{L}$ , la normatividad establece un valor de  $25.0 \text{ m} / \text{L}$ , la cual está supera en 22.04%, la concentración de sulfuros se tiene un valor promedio de  $0.003 \text{ m} / \text{L}$ , la normatividad establece un valor de  $0.002 \text{ m} / \text{L}$ , por cual esta concentración de sulfuros supera en un 50.0% al valor límite establecido y por último la concentración de plomo en las aguas de la laguna Animón se tiene un valor promedio de  $0.0040 \text{ m} / \text{L}$ , la normatividad establece un valor de  $0.0025 \text{ m} / \text{L}$ , la cual en comparación con la concentración de  $P$  en las aguas de la laguna Animón exceden en un 60.0 % a los valores establecidos por la normatividad vigente.

En el primer capítulo, se formuló el planteamiento del problema, desarrollándose la descripción del problema, la formulación del problema, objetivos, justificación e importancia, alcances y limitaciones de la investigación.

En el segundo capítulo, se realiza el marco teórico de la investigación; iniciando con los antecedentes nacionales e internacionales, marco conceptual, marco referencial y marco legal.

En el tercer capítulo, se desarrolló la metodología, determinando el tipo y nivel de investigación, diseño de la investigación, se consideró también la población, muestra, variables, operacionalización de variables, técnicas e instrumentos de la investigación y los procedimientos de la investigación.

En el cuarto capítulo, se determinó los resultados de la investigación, obtenidos por el procesamiento de datos, análisis e interpretación, contrastación de la hipótesis de la investigación, terminado con la discusión de resultados.

Finalmente se concluye la presente investigación con las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y los anexos.

## **I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

La contaminación ambiental, es uno de los mayores problemas a nivel mundial, nacional, y uno de los causantes con mayor incidencia son los efluentes líquidos de mina, la cual contiene metales pesados en un alto contenido por ello es necesario verificar la calidad del agua. Cabe señalar que la industria minera como actividad extractiva en la región de Pasco se remontan a la colonia, y a lo largo del orden cronológico ha tenido momentos de prosperidad y momentos de estancamiento. Al referir a momentos de prosperidad relaciono al incremento de la producción extractiva de los minerales por este incremento indudablemente aumentaron en gran volumen los efluentes líquidos de mina.

Seguidamente, con el auge de la minería a gran escala en el Perú, especialmente en la región de Pasco, es muy importante aclarar el aumento de la presencia de empresas mineras entre mediana minería y la gran minería, es por esto que se evidencia el impacto de diversos recursos naturales como el agua, la flora y la fauna. Esto ocasiona una mayor preocupación y conflicto social entre la empresa minera y los pobladores aledaños a la zona de influencia, es sin duda que las aguas tienen influencia directa e indirecta con esta actividad extractiva.

Como respuesta a este problema se han realizado varios trabajos de investigación, en ellos los resultados solo describen los efectos de la contaminación más no verifican y contrastan con las normas vigentes sobre el cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles. También otro estudio realizado da como resultado que se ha registrado algunas excedencias en cuanto a aluminio disuelto y cadmio total, plomo total y zinc total, esto podría relacionarse a las características naturales propias de la zona que se caracteriza por estar cerca de cuerpos mineralizados.

Actualmente la compañía minera Volcan en su UEA Chungar incrementó la producción de 2800 TMD a 4200 TMD, el cual exige mayor consumo de recursos hídricos y mayor volumen de tratamiento de estos efluentes líquidos. Los efluentes líquidos después de su tratamiento son vertidos a una poza de almacenamiento para su respectiva recirculación, una parte de estas aguas tratadas se vierte directamente a la laguna Animón; por esta razón en el presente trabajo se desea

verificar la concentración de metales pesados, los parámetros físicos-químicos y microbiológicos de la calidad del agua que se vierte a esta laguna, después del tratamiento previo que realiza la empresa minera en cumplimiento del cuidado ambiental; como resultado se evaluó la calidad del efluente líquido de mina que vierte a la laguna Animón, ejecutando los análisis cuantitativo de la existencia de metales pesados en la laguna, con lo que se previene los daños posteriores al medio ambiente.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Problema General**

¿Cómo se verifica el efecto de efluentes líquidos de mina procedentes de la planta de tratamiento para controlar la calidad del agua de la Laguna Animón, distrito de Huayllay, provincia de Pasco, región Pasco, 2022?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

- a. ¿Cómo se evalúa los efectos de los lodos de la planta de tratamiento para que no afecte la calidad del agua?
- b. ¿Cómo se evalúa los efectos del drenaje de agua ácida de la planta de tratamiento para que no afecte la calidad del agua?

## **1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.3.1. Objetivo General**

Verificar el efecto del efluente líquido de la Planta de tratamiento en el control de la calidad del agua de la laguna Animón, distrito de Huayllay, provincia de Pasco, región Pasco, 2022.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- a. Verificar los efectos de los lodos de la planta de tratamiento para que no afecte la calidad de agua.
- b. los efectos del drenaje de agua ácida de la planta de tratamiento para que no afecte en la calidad de agua.

## **1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1. Justificación de la Investigación**

Como se ha señalado, gran parte de la contaminación del agua de la laguna Animón tiene su origen en los efluentes líquidos de mina. Estos hechos pueden desequilibrar la calidad organoléptica del agua. En ese sentido, el presente estudio busca evaluar los parámetros físico-químicos y microbiológicos que al verificar no deben sobrepasar los estándares de calidad del agua (Estándar de Calidad Ambiental para Agua, D. S. N° 004 – 2017 – MINAM), por lo que el conocimiento de los niveles de contaminación de las aguas de la laguna Animón será de gran ayuda para establecer la calidad de sus aguas con la finalidad de prevenir problemas de contaminación que generan riesgos de salud a la población aledaña cuando esta es utilizada en la ganadería y agricultura; asimismo, la empresa Volcan muestra su responsabilidad sobre el cuidado ambiental.

**Relevancia Social:** La contaminación de los lodos de la mina Chungar es un problema que ha ido aumentando y por lo tanto es necesario prevenir el daño al medio ambiente y para ello se hace esta investigación será de vital importancia para población del distrito de Huayllay, región Pasco, quiénes pueden tener proyecciones que favorezcan a la población y el medio ambiente.

**Implicaciones Prácticas:** Contar con la cantidad cada vez mayor de información sobre las muestras realizadas de la laguna Animón habrá mayor veracidad dentro de los resultados obtenidos y dar propuestas que regule esta problemática y la comunidad del distrito de Huayllay pueda beneficiarse.

### **1.4.2. Importancia de la Investigación**

El trabajo propuesto es importante debido a que la información recabada permitirá el diagnóstico de las aguas de la laguna Animón, el cual está siendo afectada por la operación minera, principalmente por el incremento de los efluentes líquidos de mina. Finalmente, los decisores de políticas públicas puedan tomar como herramienta de gestión, tanto como medidas preventivas como correctivas, asimismo será un antecedente útil para los siguientes trabajos de investigación.

## **1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1. Alcances de la Investigación**

El alcance de la investigación se centra en la laguna Animón, respecto a los efluentes líquidos de mina de la empresa minera Chungar, distrito de Huayllay, provincia de Pasco; en la cual se tomó 4 puntos de muestreo  $E_1, E_2, E_3$  y  $E_4$  en los cuerpos de agua superficial en esta laguna en mención para evaluar sus parámetros físico-químico y microbiológico por lo cual se verificó la calidad de agua.

### **1.5.2. Limitaciones de la Investigación**

Para Ávila (1999), la limitación en una investigación se define como:

Todo proyecto de investigación necesita establecer las limitaciones o restricciones del estudio y los supuestos en que se basa. Una investigación requiere delimitar con precisión lo que se pretende hacer aparece integrado en la presentación del PON, mientras que lo no se pretende hacer se integra en la sección denominada limitaciones. Las limitaciones reflejan tanto las restricciones como el alcance de la investigación. Los supuestos establecen aquellas condiciones y premisas en que se basa y lleva a cabo la investigación (p.24).

Las limitaciones para la investigación son los permisos a solicitar a la empresa minera Chungar a cargo del tratamiento de los efluentes líquidos de mina en afección en la calidad de agua de la laguna Animón para los muestreos respectivos y su posterior análisis en un laboratorio certificado.

En el trabajo de investigación no se estudió los efectos producidos de los metales pesados en la flora y fauna del lugar circundante a la laguna Animón, por lo que solo se midió la concentración de dichos metales.

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 ANTECEDENTES**

#### **2.1.1. Antecedentes Internacionales**

Los trabajos de investigación mencionados líneas abajo están relacionados con el presente estudio.

**Minchola Chirinos, (2020).** *Reconsideración del rango del parámetro potencial, hidrógeno en los efluentes industriales minero, metalúrgicos vertidos en la laguna.* (Tesis de Magister). Universidad de Quito, Ecuador.

El objetivo del presente trabajo de investigación ha sido la propuesta de aplicación de criterios normativos sustantivos que sirvan para la determinación del parámetro potencial hidrógeno que debe ser considerado en los efluentes industriales minero-metalúrgicos vertidos en ecosistemas frágiles tales como lagunas. Los resultados de la implementación de la propuesta se realizan durante la evaluación del instrumento de gestión ambiental presentado, finalmente se han desarrollado criterios de aplicación de la realidad, flexibilidad y proporcionalidad, así como de protección ambiental. El primer criterio se encuentra dirigido a identificar la calidad de la laguna a través de información confiable; el segundo criterio, se encuentra señalado a, que la propuesta de Límite Máximo Permisible sea adecuada al valor antes identificado; mientras que, el tercer criterio, considera que la identificación del Límite Máximo Permisible especial permite prevenir la afectación de la laguna.

**Rubio Rodríguez & Páez Correa (2019),** *Ruta metodológica para la correcta disposición de los efluentes líquidos de mina durante las obras de recuperación de la Laguna de Fúquene.* (Tesis de Grado) Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia.

El objetivo del presente trabajo de investigación, se circunscribe en realizar una propuesta técnica, económica y ambiental para el tratamiento de las aguas ácidas de mina de la empresa minera Huanuni mediante el paso de las mismas por drenes anóxicos calizos instalados en el interior mina, como una alternativa propuesta de la empresa “Asociación Accidental A.A Minas” de tratamiento convencional con cal. Por tanto, se llegó a la conclusión que el tratamiento de las aguas ácidas de la empresa minera

Huanuni mediante drenes anóxicos y precipitación con cal en interior mina, es una alternativa técnicamente viable, económicamente más barata (permitiendo un ahorro de 121.91 millones de dólares en 20 años de operación) y ambientalmente más favorable y sin riesgo ambiental con respecto al tratamiento convencional por neutralización – precipitación con cal.

**Fajardo Vidal (2018)**, *Evaluación de la calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas en el Área de Conservación Regional Humedales de Barranquilla*, departamento de Atlántico. (Artículo Científico). Universidad del Atlántico, Colombia

Sobre la evaluación de las plantas de lodo de una mina manifiesta que: Las plantas de lodos de mina cumplan los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. 003 – 2018 – MADS. Se planteó utilizar el diseño de bloques completamente aleatorio (DBCA), debido a la presencia de una variable que aparece de forma natural y obligada en el estudio. Los resultados del prensado de lodos indicaron que para 14 m<sup>3</sup> de lodo preparado, se obtuvo 720 kg de lodo prensado, con una densidad de 0.6 kg/l y un porcentaje de humedad de 40%. Se llegó a la conclusión que según el diseño de bloques completamente aleatorio y un análisis de varianza con un nivel de confianza de 95% se obtuvo que la concentración de TSS y DBO<sub>5</sub>.

**Castillo Félix, (2016)**, *Efluente líquido de mina y metales pesados en un lecho de lodos en el río Milagros*. (tesis de Magíster). Universidad de Guayaquil, Ecuador

El Trabajo de investigación presentado por la Facultad de Ciencias Naturales (Ingeniería ambiental). El objetivo es determinar la concentración del análisis de cadmio en sedimento del río Milagro por incidencia de aguas residuales de la zona urbana. Se concluye que se puede evidenciar la presencia de cadmio en los sedimentos del río Milagro, lo cual superan la norma Internacional Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life.

**Oropeza García (2006)**, *Efluentes Líquidos de mina: estabilización y manejo*. (Artículo Científico). Universidad de Quintana Roo, México.

La afectación que causa los vertimientos mineros en el río San Juan y sus afluentes río

Chato y río Mungara en el municipio de Tadó, chocó, se realizó el trabajo con el objetivo de determinar la concentración del mercurio, en el proceso se midieron in situ parámetros como pH, temperatura, oxígeno disuelto, turbiedad, conductividad, de igual forma se conservaron y preservaron muestras para determinar parámetros como alcalinidad,  $D_{5}$ ,  $D_{10}$ , dureza total, grasas, aceites, coliformes totales y mercurio. Se concluye que a partir de los parámetros analizados se evaluaron los índices de contaminación por mineralización, materia orgánica, sólidos suspendidos y minería aurífera, ICOMI, ICOMO, ICOSUS e ICOMINERA respectivamente, los resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos se compararon con la normatividad vigente, lo que permitió analizar las condiciones de los vertimientos y los impactos que genera la minería al recurso hídrico.

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

En el Perú existen diversas investigaciones y estudios que han sido expuestos en eventos académicos de minería en el país.

**Atte Pyarce (2021).** *Implementación de un módulo de tratamiento de efluentes mineros que contienen metales pesados.* (Tesis de Grado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú.

El objetivo de la presente investigación es determinar la medida de la implantación de un módulo de tratamiento de efluentes mineros con esponjas de poliuretano y posterior biorremediación permite llevar a los a los metales pesados contenidos en ellos hasta límites permisibles. El resultado de esta investigación, demuestra aplicaciones prácticas de algunos conceptos relacionados a la biorremediación y aplicación técnica, en el diseño del módulo, por lo tanto, los métodos utilizados que derivan de conceto sobre la teoría de biorremediación, nos ayudan al diagnóstico de problemas en las unidades mineras, que pueden ser aplicados en unidades similares y nos ayudan también a encontrar la solución a estos problemas diagnosticado.

**Inquilla Ccalla (2020),** *Calidad Microbiológica y Físico Química de las Aguas del río Coata.* (Tesis de Magíster). Universidad Nacional del Altiplano, Puno

Los fundamentos teóricos, técnicos y la experiencia de tratamientos de lodos de otros países, dan como resultado en el presente estudio, lo cual se evidenció que muchas empresas mineras aprovechan los vacíos legales para no implementar las plantas de tratamiento de aguas residuales y muchas de estas solo llegan a cumplir con el tratamiento primario y pocas el tratamiento de nivel secundario.

**Guillen Juan (2020).** *Vertimiento de efluentes mineros de Mina Marta en la contaminación de las aguas del río Tinyaccla*, (Tesis de Magíster). Universidad Nacional del Centro del Perú, Junin.

El objetivo es determinar cómo influye en la contaminación de las aguas del río Tinyaccla el vertimiento de efluentes mineros de mina Marta. La metodología que utilizó fue descriptivo y comparativo de las muestras antes y después de la aplicación del tratamiento del efluente minero. Los resultados obtenidos después del tratamiento activo del efluente minero cumplen las normas establecidas por el Decreto Supremo 010 – 2010 Ministerio del Ambiente de Límites Máximos Permisibles. La conclusión a la que llegó fue que los vertimientos de los efluentes de mina Marta no contaminan las aguas del río Tinyaccla.

**Oré Cierto (2019),** *Parámetros físico - químicos del agua de la Laguna de los Milagros del Distrito de Pueblo Nuevo*. (Tesis de Magíster). Universidad Nacional de San Luis Gonzaga de Ica, Perú

El objetivo del estudio de investigación fue determinar el comportamiento de la concentración de metales pesados en la parte baja del río Chili. Se utilizaron los índices de calidad de agua (ICA – PE) y el índice general de contaminación (OIP) para la evaluación de la dinámica estacional de la calidad de agua superficial del río Chili. Se llegó a la conclusión que, para la validación de la propuesta, de acuerdo con las calificaciones para el OIP que se encuentra comprendidas entre ligeramente contaminado y contaminado, por lo que se evidencia una correspondencia en los criterios de calificación de los expertos.

**Solózano Jainer (2015)**, *Evaluación de impacto ambiental de las aguas superficiales de la quebrada Sipchoc, por efecto de drenaje de la actividad minera Huancapeti S.A.C, 2014* (Tesis de Magíster). Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Áncash.

El propósito fundamental del presente trabajo de investigación es la evaluación del impacto de las aguas superficiales de la quebrada de Sipchoc por efecto de los elementos contaminantes que se desprenden a partir de la actividad minera de la Empresa Minera Huancapeti S.A.C, durante el año 2014. El tipo de investigación es no experimental, descriptiva y de corte transversal. Se plantearon objetivos específicos en base a los cuales se desarrolló la investigación. La población de estudio estuvo comprendida por las aguas del riachuelo de la quebrada Sipchoc, con muestras de agua tomada en cuatro puntos sobre el riachuelo de la zona circundante de la actividad minera en época de estiaje y avenida. Se presenta el procedimiento y análisis que permitieron la identificación, análisis y evaluación de impactos ambientales en el cuerpo de agua, constatando el contenido de los parámetros analizados con lo señalado en el D.S. N° 002 – 2008 – MINAM.

## **2.2 MARCO CONCEPTUAL**

### **2.2.1. Efluente Líquido de Mina**

El efluente líquido más importante en la minería corresponde al drenaje ácido de mina, es decir, agua de pH bajo que pasa a través de la roca mineralizada. Estos incluyen los producidos a partir de relaves en el proceso de beneficio. “El drenaje ácido de mina es una condición contaminante grave debido a su naturaleza, extensión y dificultad de solución. Las aguas contaminadas se caracterizan por su alto contenido de acidez, sulfato y metales pesados” (Pari Huaquisto, 2017).

#### **2.2.1.1. Lodos de Mina**

El lodo como tal, es un líquido con contenido de sólidos en suspensión sin ningún tipo de tratamiento. “El lodo resultante obtenido debe someterse a un análisis para determinar sus características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad y biológico – infecciones” (Servicio Nacional de Geología y Minería SERNAGEOMIN, 2016).

Se pueden clasificar según su contenido en metales pesados y su calidad microbiana:

- J Lodo Peligroso: presencia de contaminantes tóxicos de acuerdo a lo establecido por la EPA (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos) en sus apartados 260 y 261.
- J Lodo no Peligroso: las concentraciones de sus componentes son inferiores a los valores establecidos por la EPA en sus apartados 260 y 261.

De acuerdo con las regulaciones propuestas por la EPA, se pueden determinar que los lodos inocuos son de mala calidad de manera más estricta en función de su contenido de metales pesados.

#### 2.2.1.2. **Drenaje Ácido de Mina**

El drenaje ácido de mina es un agua residual altamente ácida rica en altas concentraciones de sulfatos y sales ferrosos y coloreados. Si no se trata, el drenaje ácido puede contaminar las aguas superficiales y subterráneas con efectos colaterales que dañan la salud de las especies acuáticas, plantas, animales y humanos. Por ello, la búsqueda de remediación para el drenaje ácido es extensa desde la década de 1970. “A pesar de los esfuerzos de las empresas mineras, gobiernos y organizaciones no gubernamentales, no se ha desarrollado aún la combinación de escala, recursos y credibilidad para enfrentar el problema” (Simate & Ndlovu, 2014).

La principal causa del drenaje de ácido de mina es la oxidación de minerales sulfurados como la pirita ( $FeS_2$ ). “Los sulfuros que producen mayor cantidad de drenaje ácido son la pirita y la marcasita, paradójicamente, en las minas polimetálicas cuyo objetivo es obtener concentrados de Cu, Zn, y Pb, la pirita es la ganga y se encuentra en mayor cantidad con respecto a los minerales valiosos” (Tumialán De La Cruz, 2004). Estos depósitos de sulfuro se forman en ausencia de oxígeno; luego se vuelven inestables cuando se exponen al agua o al oxígeno atmosférico. Si bien este proceso ocurre naturalmente, las actividades mineras lo aceleran porque aumentan la exposición de los sulfuros al aire, agua y microorganismos.

La descarga de agua ácida ocurre en minas activas y abandonadas, túneles subterráneos, pozos,

rajos abiertos, desechos y relaves. “Este drenaje es poco importante cuando la mina está activa porque el nivel freático es bajo debido al bombeo; sin embargo, es severo en minas abandonados donde el sistema de bombeo deja de funcionar con el que se incrementa el nivel freático y con este la cantidad de agua ácida” (Simate & Ndlovu, 2014).

### **2.2.2. Calidad del Agua**

La calidad del agua se define “por sus características físicas, químicas y microbiológicas y corresponde a las propiedades que influirán en su aceptabilidad para un uso específico, es decir, cuán bien la calidad del agua satisface las necesidades del usuario” (Zbinden Véliz, 2011).

Se define en función de un conjunto de “características variables fisicoquímicas o microbiológicas, así como de sus valores de aceptación o rechazo, la calidad físico – química del agua se basa en la determinación de sustancias químicas específicas que puedan afectar a la salud, tras cortos o largos períodos de exposición” (Mayca Zegarra, 2019).

La calidad de agua es un valor ecológico importante para la salud y el crecimiento económico. En el Perú, debido a la presencia de metales del sistema andino, su mineralogía y su economía dependen de las actividades mineras de los minerales, creando condiciones para la dispersión de contaminantes químicos, especialmente metales, llegando incluso al agua, identificar la exposición de la población en general a riesgos crónicos que han comenzado a volverse inmanejables. La contaminación de las cuencas expone a las personas al cadmio en el norte del Perú, al plomo de las centrales en el centro, y al arsénico en el sur. Para las empresas de agua potable, el tratamiento físico – químico es cada vez más caro. En este caso, el conflicto socio ambiental está bien documentado que la presencia de metales pesados en la sangre crea un clima desfavorable para la economía.

El análisis de las dos razones, se debe profundizar en las propiedades mineralógicas y la extracción minera para lograr soluciones adecuadas que prioricen la salud de las personas, pero que a su vez promueva la inversión para el crecimiento económico. El objetivo de revisión es motivar el abordaje del problema por parte de las autoridades sanitarias y el desarrollo de las

estrategias de comunicación de riesgos para que el problema se enfrente de manera costo – efectiva con educación sanitaria, mientras que al mismo tiempo se sigue avanzando en el desarrollo de las tecnologías mineras más eficientes (Villena Chávez, 2018).

### **2.2.2.1. Parámetros Físicos - Químicos**

Para conocer la pureza o el nivel de contaminación del agua, es necesario medir ciertos parámetros. Los parámetros de calidad del agua se dividen en físicos, químicos y microbiológicos. Se puede ver intuitivamente que existen muchos parámetros, formas y métodos para medir estos parámetros. “Para obviar estos problemas, las agencias internacionales encargadas de vigilar y estudiar la calidad del agua han estandarizado los criterios y los métodos para realizar los análisis del agua en el laboratorio” (Sierra, 2011).

Establecer alternativas viables de control de contaminantes por metales pesados del medio físico afectado por “el pasivo ambiental, que constituye el relave minero abandonado de Ticapampa; lo cual dará origen a un nuevo método de fijación de los metales pesados en residuos de tratamientos de minerales sulfurados por flotación” (Romero et al., 2008).

Se consideran como parámetros generales indicadores a los siguientes:

#### **) Temperatura**

Uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, ya que suele afectar al retraso o aceleración de la actividad biológica, la captación de oxígeno, “la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla. floculación, sedimentación y filtración” (MINSA, 2010).

#### **) Potencial Hidrógeno pH**

Es un indicador para determinar si una sustancia es ácida, neutra o básica, contando el número de iones de hidrógeno presentes. Se calcula para estimar algún tipo de efecto causando por la acidez o la alcalinidad, ya sea natural o artificial.

La medición de este parámetro se realiza in situ. Se mide en una escala de 0 a 14. Los valores de pH menores de 7 indican que una sustancia es ácida, los valores de pH mayores

a 7 indican que la sustancia es básica y si el pH es 7 indica que la sustancia es neutra. “Su interpretación va relacionada con la alcalinidad o acidez titulable, los cuales tienen relevancia por encima de 9.6 y por debajo de 4.4 unidades de pH” (MINSA, 2010).

#### ) **Conductividad Eléctrica (C.E)**

Es una expresión numérica de la capacidad de permitir el paso de una corriente eléctrica a través de una solución y se utiliza para determinar la salinidad del agua. Capacidad de transportar corriente, expresado en  $\mu / \text{cm}$  (micro Siemens por centímetro).

Esta capacidad depende de la presencia de iones y de su concentración total, de su movilidad, valencia y concentración relativas, así como la temperatura del agua. “El agua pura tiene muy baja conductividad, por lo que su medida se utiliza como una medida indirecta de la concentración de sólidos totales o de minerales en el agua” (MINSA, 2010).

#### ) **Oxígeno Disuelto:**

Este parámetro proporciona una medida de la cantidad de oxígeno disuelto en el agua para tener una concentración adecuada de oxígeno disuelto en el agua. Es importante para la supervivencia de peces y otros organismos de vida acuática. “La temperatura, el material orgánico disuelto, los oxidantes inorgánicos, etc, afectan sus niveles, la baja concentración de oxígeno disuelto puede ser un indicador que el agua tiene una alta carga orgánica, provocada por aguas residuales” (MINSA, 2010).

#### ) **Sólidos Suspendidos Totales:**

Los sólidos disueltos son una medida de la fracción de sólidos en una muestra de agua que supera en peso nominal de  $2.00 \mu$ , bajo ciertas condiciones o menos. Esta medida proporciona otra indicación de la salinidad de las emisiones industriales (como la conductividad). Generalmente, son producto de la erosión del suelo, detritos orgánicos y plancton. Estos sólidos, como limo, virus y arena, son los responsables de las impurezas visibles y están formados por partículas muy pequeñas, que se identifican por el color, la turbidez, el sabor y el olor del agua. Son importantes para el control de los procesos biológicos y físicos de aguas residuales y para evaluar el cumplimiento, que regulan su

vertimiento. “Las sustancias no disueltas, son los sólidos suspendidos y se evalúan por medio de la turbiedad” (Sawyer et al., 2001).

### ) **Aceites y Grasas**

La contaminación del agua con sustancias aceitosas puede ocurrir debido a causas naturales o provocadas por el hombre. La descomposición de la vegetación (terrestre o acuática) en una etapa posterior libera grasas y subproductos aceitosos que producirán un brillo aceitoso en agua. “Los aceites y grasas procedentes de restos de alimentos o de procesos industriales (automóviles, lubricantes, etc.) son difíciles de metabolizar por las bacterias y flotan” (DIGESA, 2009).

Estos contaminantes tienen un efecto contaminante debido a la presencia en la superficie de los cuerpos de agua es fácilmente visible a simple vista.

### ) **Cianuro Libre**

Es el término utilizado para describir tanto al ión ( $CN^-$ ) que se disuelve en el agua del proceso como cualquier cianuro de hidrógeno ( $HCN$ ) que se forma en la solución, en la que “la mayoría de los cuerpos mineralizados, las concentraciones de otros metales típicamente son mayores que la concentración de oro en varios órdenes de magnitud” (DIGESA, 2009).

El cianuro produce efectos tóxicos a niveles de 0.05 miligramos de cianuro por decilitro de sangre (mg/dL) o mayores, y casos fatales han ocurrido a niveles de 0.3 mg/dL o mayores (1 decilitro es la décima parte de 1 litro o 100 mililitros).

### ) **Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $D_5$ )**

La  $D_5$  expresan materia orgánica en términos generales, pero no indican su composición, la cual es muy variada. Como su origen proviene de organismos, y sus productos de degradación o de metabolismo, se puede afirmar que la componen proteínas, carbohidratos y lípidos y/o sus productos de degradación: aminoácidos, monosacáridos, hidrocarburos, ácidos grasos, alcohólicos, más otros componentes propios de los vegetales

como pigmentos (DIGESA, 2009).

**D** : Es el parámetro de contaminación orgánica. “Es el resultado de la degradación de tres tipos de materiales: materias orgánicas carbónicas (microorganismos aerobios), nitrógeno oxidable (nitrosomas y nictrobacter), compuestos reductores (Se oxidan con el OD)”.

### Ñ **Fenoles**

Los fenoles están presentes en las aguas residuales de la industria de coque, el aceite de motor de desecho, los residuos de solventes de aceites refinados, los residuos de productos de pintura y algunas aguas contaminadas, también pueden estar presentes en el agua natural, como resultado de la contaminación ambiental y de procesos naturales de la descomposición de la materia orgánica. “La débil acidez del grupo fenólico ha determinado que se los agrupe químicamente junto a los ácidos carboxílicos y a los taninos, conformando así el grupo de los ácidos orgánicos” (MINSA, 2010).

No se ha establecido los efectos sobre la salud de la exposición al fenol en el agua. Los efectos de los animales preñados que bebieron agua con alta concentración de fenol fueron pequeños, pero sus crías tuvieron bajo peso al nacer y defectos de nacimiento. Según la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC), ha determinado que el fenol no se puede clasificar como asociado con la carcinogenicidad humana.

### J **Nitratos ( $N_3^-$ )**

El nitrito ( $N_2$ ) es oxidado por las bacterias nitrificantes para formar nitrato ( $N_3$ ), que se usa como fertilizante para las plantas. En aguas subterráneas, sus concentraciones son más altas: porque el suelo no puede retenerlas y/o filtrarlas. La concentración de nitratos en el agua se debe al uso excesivo de fertilizantes nitrogenados, incluido el amoníaco, que son antibacterianos y controlan el crecimiento de bacterias ácido butíricas, formando gas de nitrato de amonio, que se utiliza en la minería. Para eliminar los nitratos, se utilizan bacterias desnitrificantes, que conviertan el nitrato en nitrógeno gaseoso. Los nitratos, son nutrientes fácilmente asimilados por las plantas y son usados como

fertilizantes. “Los niños, menores de 6 años, que consuman nitratos y nitritos en exceso, se enferman de metahemoglobinemia infantil” (Pisfil, 2019).

## ) **Sulfuros**

El sulfuro es la combinación de azufre con un elemento químico o con un radical. Este compuesto es un gas con olor a huevos podridos y es altamente tóxico. “Pertenece también a la categoría de los ácidos por lo que, en disolución acuosa, se le denomina ácido sulfhídrico” (DIGESA, 2009). En la naturaleza, se forma por conversión anaeróbica del azufre contenido en proteínas o reducción bacteriana del sulfato en zonas pantanosas y tratamiento de lodos de depuradora. También se libera en las emisiones gaseosas de algunos volcanes y como subproducto de algunos procesos industriales.

## ) **Metales**

Los metales pesados como plomo, cadmio, cromo, zinc, mercurio entre otros, son liberados hacia ecosistemas acuáticos, así como a los suelos principalmente debido a diversas actividades antropogénicas y presenta una seria amenaza para las plantas, animales e incluso los humanos debido a su persistencia, bioacumulación, propiedad no biodegradable y su toxicidad incluso a bajas concentraciones. El hecho de que estos metales se encuentren en los diversos ecosistemas es de preocuparse, dado que muchos seres vivos dependen del adecuado equilibrio en su lugar de alimentación o de vivienda, el cómo llegan dichos metales a los distintos ecosistemas varía según el tipo de actividad que se desarrolla por el hombre, por ejemplo el cromo que es un compuesto ampliamente usado en la industria en áreas como el deposición atmosférica, erosión, descargas humanas, materiales agrícolas, minería y las descargas industriales y de combustión, como tal en “las aguas subterráneas naturales y aguas superficiales el contenido de este metal será por debajo de  $0.5 \mu /L$ , sin embargo en aguas residuales descargadas cerca de los depósitos minerales locales y otros sitios contaminados la concentración de mercurio es mucho mayor” (Pabón y Villa, 2020).

### **2.2.2.2. Parámetros Microbiológicos**

El mayor riesgo microbiano del agua está asociado con el agua potable contaminada con

desechos humanos o animales, aunque puede haber otras fuentes y vías de exposición significativas. Los riesgos para la salud más comunes y prevalentes asociados con el agua potable son las enfermedades infecciosas causadas por patógenos como bacterias, virus y parásitos como protozoos y gusanos. “La carga para la salud pública es función de la gravedad de la enfermedad o enfermedades relacionadas con los agentes patógenos, de su infectividad y de la población expuesta” (Haas, 2005).

### ) **Coliformes Termotolerantes**

Las bacterias tolerantes al calor que no sean E. coli pueden ingresar al agua rica en materia orgánica, como las aguas residuales industriales, la materia vegetal y el suelo en descomposición.

Es poco probable que los organismos coliformes termotolerantes vuelvan a desarrollarse en un sistema de distribución a menos que estén en presentes nutrientes en cantidad suficiente o que “materiales inadecuados entren en contacto con el agua tratada, por contacto directo pueden infectar heridas, mucosas de ojos y oídos. Por ingestión ocasionan gastroenteritis aguda” (DIGESA, 2009).

## **2.3 MARCO REFERENCIAL**

### **2.3.1. Técnicas Estadísticas**

Empezaremos definiendo la estadística paramétrica, Quispe y Calla (2019) mencionan que:

Las técnicas estadísticas de estimación de parámetros, intervalos de confianza y prueba de hipótesis son en conjunto denominadas estadística paramétrica y son aplicadas básicamente a variables continuas. Estas se basan en especificar una forma de distribución de la variable aleatoria y de los estadísticos derivados de los datos.

En estadística paramétrica se asume que la población de la cual la muestra es extraída es normal o tienen distribución normal. Esta propiedad es necesaria para que la prueba de hipótesis sea válida (p.15).

Es decir, son aquellos métodos estadísticos cuantitativos, que son necesarios para el análisis y

descripción de datos, así como para contrastar hipótesis y formular conclusiones inferenciales.

Así mismo Quispe y Calla (2019), define que la estadística no paramétrica es:

En un gran número de casos no se puede determinar la distribución original ni la distribución de los estadísticos por lo que en realidad no se tiene parámetros a estimar. Sólo se tiene distribuciones que comparar. Esto se llama estadística no paramétrica, para ello las variables en estudio tendrán que ser nominales u ordinales.

Sin duda, las estadísticas no paramétricas son aquellos métodos estadísticos cualitativos en los que no se puede utilizar el supuesto normal de distribución de la población, por lo que denominan sin distribución. Las estadísticas no paramétricas prueban hipótesis sobre la forma, distribución o ubicación de una población.

Se muestra ejemplos de prueba estadística mencionados por Quispe y Calla (2019):

	Prueba de Chi – Cuadrado
Pruebas Paramétricas	Prueba Z
	Prueba de comparación de varianzas
Prueba de Anova	
	Análisis de Varianza y otros
	Prueba de Chi – Cuadrado
Pruebas no Paramétricas	Prueba de Wilcoxon
	Correlación de Spearman
	Prueba de Friedman entre otros

El coeficiente de correlación de Spearman,  $\rho$  (rho), es una prueba no paramétrica que mide la interacción o dependencia entre dos variables discretas, es decir, valores enteros sin otros valores entre ellos. Para “calcular el coeficiente de Spearman se ordenan los datos y se reemplazan por su respectivo orden, el estadístico  $\rho$  se representa mediante la siguiente expresión:”

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)}$$

Dónde:

$r_s$  = Coeficiente de correlación por rangos de Spearman

$d$  = Diferencia entre rangos ( $X$  y  $Y$ )

$n$  = Número de datos

Las aplicaciones para este trabajo entre las principales se deben a sus ventajas específicas como:

- ) Se utilizan para "muestras menores de 20 observaciones (para mayores se utilizan el  $t$  de Student)
- ) El coeficiente de correlación "mide el grado de asociación entre dos cantidades
- ) El coeficiente de correlación de Spearman "es recomendable utilizarlo cuando los datos presentan valores "extremos (por lo que se usa el coeficiente de Pearson)
- ) Los cambios en las unidades "de medida no afectan el coeficiente
- ) Al ser una técnica no paramétrica "es libre "de distribución probabilística
- ) El coeficiente debe explicar la relación "entre "causa y efecto
- ) La interpretación oscila entre -1 y +1, con los que nos indica "asociaciones negativas o positivas "respectivamente, el cero (0) indica no correlación.

### 2.3.2. IBM SPSS Statistics

Es una familia de programas informáticos para el análisis estadístico avanzado, aunque actualmente SPSS es propiedad de IBM, la empresa fue creada originalmente por Norman H. Nie, C. Hadlai (Text) Hull y Dale H. Bent a partir de la transformación de datos estadísticos en decisiones. La idea de la información necesaria para desarrollar el software – para tomar una decisión. Este revolucionario sistema de software estadístico se llama SPSS (del inglés Statistical Package for Social Sciences). Los creadores del programa, que eran estudiantes de posgrado en ese momento, querían que analizará rápidamente grandes cantidades de datos de ciencias sociales obtenidos a partir de diferentes métodos de investigación.

El trabajo original es SPSS se realizó en la Universidad de Stanford para que estuviera disponible para uso local, no para distribución internacional. Pronto, SPSS fue ampliamente requerido por diferentes universidades de los Estados Unidos. Más tarde, Nie se unió al Centro Nacional de Investigación de Opinión de la Universidad de Chicago, donde consideraron usar SPSS como una importante propiedad intelectual y animaron a Nie a continuar con el desarrollo del software, este invitó a Hull a la Universidad de Chicago como director del centro de cómputo, pero Ben regresó a Canadá, de donde era originario, pues tenía un nombramiento académico en la Universidad de Alberta” (Méndez y Cuevas, 2016).

En la página oficial de IBM SPSS Statistics (2014) se describe como el software estadístico líder mundial para empresas, gobiernos, organizaciones de investigación y académicas. Así como un conjunto de “datos y herramientas de análisis predictivo fácil de utilizar para usuarios empresariales, analistas y programadores estadísticos”.

### **Limitaciones del Demo del Programa**

La versión de prueba de SPSS Statistics Standard Edition tiene todas las funcionalidades del programa original, sin embargo, por ser una versión de evaluación, una vez finalice el período de prueba, el programa dejará de funcionar y no podrá volver a utilizarlo, se volverá a instalar en la misma computadora a menos que compre la licencia adecuada.

### **Niveles de Medición de Variables**

Se deben de considerar cuatro niveles de medición, en la siguiente tabla se presentan éstos y se proponen ejemplos de variables para cada uno.

**Tabla 1**

*Niveles de Medición y Ejemplos de Variables*

<b>Nivel de medición</b>	<b>Ejemplos de variables</b>
Nominal	) Género (masculino, femenino)
	) País donde nació (Argentina, Costa Rica, Perú, etcétera)
	) Marca de chocolate que prefiere (Choco Delis, Pin Pollin Abuelita Tomi, etcétera)

Ordinal	)	Puesto que ocupa en su empresa (director, subdirector, gerente etcétera)
	)	Opinión (Muy buena, Buena, Regular, Mala, Muy mala)
	)	Deportes que prefieren practicar en orden de importancia (1= Fútbol, 2 = “Natación, 3 = Atletismo, etcétera)”
Intervalos	)	Número de puntos obtenidos en un examen para acreditación del idioma inglés en el que se consideren puntuaciones del 0 al 999
	)	Calificación conseguida en una prueba de conocimientos con una escala determinada digamos del 0 al 10 (como la que se utiliza en muchas escuelas de Iberoamérica)
De razón	)	Número de novias o novios que una persona tuvo durante su carrera
	)	Número de países que un profesor ha visitado en el transcurso de su vida
	)	Número de años que un profesionista tiene en su empleo” actual

Fuente: Méndez y Cuevas (2016).

## 2.4. MARCO LEGAL

### 2.4.1. Ley General del Ambiente

Mediante esta Ley N° 28611:

Se reglamentan aspectos relacionados a la materia ambiental en el Perú. Así mismo; por un lado, plantea a los ciudadanos una serie de derechos con relación al tema ambiental, en tanto que se deben garantizar un ambiente saludable, equilibrado y apropiado para el desarrollo de la vida, y por otro lado, deberes, en la medida en que todos estamos obligados a contribuir a una efectiva gestión y a proteger el ambiente. Cabe mencionar que, uno de los objetivos de la mencionada Ley, es la regulación de los numerosos instrumentos que contribuyen a la gestión ambiental del país; y uno de los más significativos aportes es la consagración de la responsabilidad por daño ambiental.

Esta Ley, nos informa sobre el Estándar de Calidad Ambiental (ECA), que es un

indicador de la calidad ambiental, que mide la concentración de elementos, sustancias, parámetros físicos, químicos y biológicos que se encuentran presentes en el aire, agua o suelo, pero que no representan peligro para los seres humanos ni para el ambiente.

Posteriormente señala que las autoridades públicas (nacionales, sectoriales, regionales y locales) deben dar prioridad a las medidas de saneamiento básico que engloben la gestión y manejo adecuado de aguas pluviales, aguas subterráneas, reúsos de agua servidas, entre otros, en las zonas urbanas y rurales. Asimismo, la Ley indica que es responsabilidad del Estado impulsar y controlar el aprovechamiento sostenible de las aguas continentales, regular su otorgamiento en base a objetivos sociales, ambientales y económicas; así como también promover la inversión y participación del sector privado en la utilización de dicho recurso.

La Ley bajo comentario menciona que, dentro de los objetivos de la gestión ambiental en materia de calidad ambiental se encuentran el de preservar, conservar, optimizar y restituir, la calidad del aire, el agua y los suelos y demás componentes del ambiente identificado y controlando los factores de riesgo que la afecten.

Asimismo, indica que el Estado, a través de las entidades competentes (Ministerios y sus respectivos organismos públicos descentralizados, autoridades sectoriales con competencia ambiental, organismos regulatorios o de fiscalización, gobiernos regionales y locales) está cargo de la protección de la calidad del recurso hídrico del país.

#### **2.4.2. Decreto Legislativo N° 1055**

Complementa a la Ley General del Ambiente, Ley N°28611:

A fin de que incorpore los mecanismos de transparencia, participación ciudadana y las sanciones aplicables al incumplimiento de las obligaciones contenidas con ella. Mejorando del marco regulatorio, fortalecimiento institucional, simplificación administrativa, modernización del Estado y fortalecimiento institucional de la gestión ambiental.

Define el Límite Máximo Permissible (LMP) como la medida de la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su determinación corresponde al Ministerio del Ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por dicho Ministerio y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental.

Establece las obligaciones en materia de acceso a la información ambiental de las entidades públicas con competencias ambientales y las personas jurídicas que presten servicios públicos, conforme a lo señalado en el acápite precedente.

Señala que toda persona tiene derecho a conocer el estado de las denuncias que presente ante cualquier entidad pública respecto de infracciones a la normatividad ambiental, sanciones y reparaciones ambientales, riesgos o daños al ambiente y sus demás componentes, en especial aquellos vinculados a daños o riesgos a la salud de personas. Asimismo, que las entidades públicas deben establecer en sus ROF, TUPA u otros documentos de gestión, los procedimientos para la atención de las citadas denuncias y sus formas de comunicación al público. Las entidades deberán enviar anualmente un listado con las denuncias recibidas y soluciones alcanzadas, con la finalidad de poder hacer pública esta información a la población a través del SINIA.

Finalmente se señala que el Ministerio del Ambiente supervisará el cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 49 de la Ley General del Ambiente referido a los procesos en los que se promueven mecanismos de participación ciudadana.

### **2.4.3. Ley de Recursos Hídricos**

Acorde al Artículo 3, de la Ley de Recursos Hídricos (Ley N° 29338), regula:

El uso y gestión de los recursos hídricos, es decir, agua superficial, subterránea, continental y los bienes asociados a ésta, marítima y atmosférica. Esta ley reconoce que el agua es un recurso renovable con valores socioculturales, económicos, ambientales y que el acceso al agua para la satisfacción de las necesidades primarias de la persona

humana es prioritario por ser un derecho fundamental sobre cualquier uso existente.

Según el artículo 79, cita que la Autoridad Nacional, es el que autoriza el vertimiento del agua residual tratada a un cuerpo natural de agua continental o marina, previa opinión técnica favorable de las autoridades ambientales y de salud (sobre el cumplimiento del ECA para agua y LMP), enfatizando que queda prohibido el vertimiento directo o indirecto de agua residual sin la autorización correspondiente.

Sin perjuicio de lo establecido en la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (Ley N° 27446), para la aprobación de los estudios de impacto ambiental relacionados con el recurso hídrico, se debe de contar con la opinión de la Autoridad Nacional del Agua (ANA).

#### 2.4.4. Decreto Supremo N° 010-MINAM

Según este “mencionado Decreto Supremo tiene por objeto aprobar los Límites Máximos Permisibles -LMP, para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero – Metalúrgicas.” Por el presente Decreto Supremo es aplicable a todas las actividades minero – metalúrgicas que se desarrollen dentro del territorio nacional.

**Tabla 2**

*Límites Máximos Permisibles para la Descarga de Efluentes Líquidos*

Parámetros	Unidad	Límite en cualquier momento	Límite para el promedio anual
pH		6 – 9	6 – 9
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	50	25
Aceites y Grasas	mg/L	20	16
Cianuro Total	mg/L	1	0.8
Arsénico Total	mg/L	0.08	0.1
Cadmio Total	mg/L	0.05	0.04
Cromo Hexavalente (*)	mg/L	0.1	0.08
Cobre Total	mg/L	0.5	0.4
Hierro (Disuelto)	mg/L	2	1.6
Plomo Total	mg/L	0.2	0.16

Mercurio Total	mg/L	0.002	0.0016
Zinc Total	mg/L	1.5	1.2

(\*) En muestra no filtrada

Z Los valores indicados en la columna \*Límite cualquier momento\* son aplicables a cualquier muestra colectada por el Titular Minero, el Ente Fiscalizador o la Autoridad Competente, siempre que el muestreo y análisis hayan sido realizados de conformidad con el Protocolo de Monitoreo de Aguas y Efluentes del Ministerio de Energía y Minas, en este Protocolo se establecerán entre otros aspectos, los niveles de precisión, exactitud y límites de detección del método analizado.

Z Los valores indicados en la columna Promedio Anual se aplican al promedio aritmético de todas las muestras colectadas durante el último año calendario previo a las fechas de referencia, incluyendo las muestras recolectadas por el Titular minero y por Ente Fiscalizador siempre que estas hayan sido recolectadas y analizadas de conformidad con el Protocolo de Monitoreo de Aguas y Efluentes del Ministerio de Energía y Minas.

Fuente: MINAM (2010).

#### **2.4.5. Decreto Supremo N° 004-2017 - MINAM**

Este Decreto tiene por objeto establecer el nivel de:

Concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos que no presentan riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente.

Aprobada el 07 de junio de 2017, mediante esta norma se establecen los niveles de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente. El cumplimiento de esta ley se considerará para el muestreo y análisis de parámetros en cuerpos de agua natural involucrados en el presente proyecto, así como en la evaluación de la calidad de los mismos, reemplazando así, los valores establecidos en el DS N° 007-83-SA.

#### **Categoría 4: Conservación del ambiente acuático**

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua superficiales que forman parte de ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento, cuyas características requieren ser protegidas.

##### **Subcategoría E1: Lagunas y Lagos**

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lénticos, que no presentan corriente continua, incluyendo humedales.

##### **a. Subcategoría E2: Ríos**

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lóticos, que se mueven continuamente en una misma dirección.

###### **) Ríos de la costa y de la sierra**

Entiéndase como aquellos ríos y sus efluentes, comprendidos en la vertiente hidrográfica del Pacífico y del Titicaca, y en la parte alta de la vertiente oriental de la cordillera de los Andes, por encima de los 600 msnm.

###### **) Ríos de la selva**

Entiéndase como aquellos ríos y sus efluentes, comprendidos en la parte baja de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por debajo de los 600 msnm, incluyendo las zonas meándricas.

##### **b. Subcategoría E3: Ecosistemas costeros y marinos**

###### **) Estuarios**

Entiéndase como aquellas zonas donde el agua de mar ingresa en valles o cauces de ríos hasta el límite superior del nivel de marea. Esta clasificación incluye marismas y manglares.

###### **) Marinos**

Entiéndase como aquellas zonas del mar comprendidos desde la línea paralela

de baja marea hasta el límite marítimo nacional.

Precítese que no se encuentran comprendidos “dentro de las categorías señaladas, las aguas marinas con fines de potabilización, las aguas subterráneas, las aguas de origen minero – medicinal, aguas geotermales, aguas atmosféricas y las aguas residuales tratadas para reuso.

**Tabla 3**

*Categoría 4: Conservación del medio acuático*

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y Lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y Sierra	Selva	Estuarios	Marinos
<b>FÍSICOS – QUÍMICOS</b>						
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Cianuro Libre	mg/L	0.0052	0.0052	0.0052	0.001	0.001
Color (b)	Color verdadero	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
	Escala Pt/Co					
Clorofila A	mg/L	0.008	***	**	**	**
Conductividad	µS/cm	1000	1000	1000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2.56	2.56	2.56	5.8	5.8
Fósforo total	mg/L	0.035	0.05	0.05	0.124	0.062
Nitratos (NO <sub>3</sub> )	mg/L.	13	13	13	200	200
Amoníaco Total (NH <sub>3</sub> )	mg/L	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)
Nitrógeno Total	mg/L	0.315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 4	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6.5 a 9.0	6.5 a 9.0	6.5 a 9	6.8 - 8.5	6.8 - 8.5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	≤ 25	≤ 100	≤ 400	≤ 100	≤ 30
Sulfuros	mg/L	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2
<b>INORGÁNICOS</b>						
Antimonio	mg/L	0.64	0.64	0.64	**	**
Arsénico	mg/L	0.15	0.15	0.15	0.036	0.036
Bario	mg/L	0.7	0.7	1	1	**

Cadmio Disuelto	mg/L	0.00025	0.00025	0.00025	0.0088	0.0088
Cobre	mg/L	0.1	0.1	0.1	0.05	0.05
Cromo VI	mg/L	0.011	0.011	0.011	0.05	0.05
Mercurio	mg/L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Níquel	mg/L	0.052	0.052	0.052	0.0082	0.0082
Plomo	mg/L	0.0025	0.0025	0.0025	0.0081	0.0081
Selenio	mg/L	0.005	0.005	0.005	0.071	0.071
Talio	mg/L	0.0008	0.0008	0.0008	**	**
Zinc	mg/L	0.12	0.12	0.12	0.081	0.081

## **ORGÁNICOS**

### **Compuestos Orgánicos Volátiles**

Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/L	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Hexaclorobutadieno	mg/L	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006

### **BTEX**

Benceno	mg/L	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
---------	------	------	------	------	------	------

### **Hidrocarburos Aromáticos**

Benczo(a) Pireno	mg/L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Antraceno	mg/L	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004
Fluoranteno	mg/L	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001

### **Bifenilos Policlorados**

Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0.000014	0.000014	0.000014	0.00003	0.00003
------------------------------	------	----------	----------	----------	---------	---------

## **PLAGUICIDAS**

### **Organofosforado**

Malatión	mg/L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Paratión	mg/L	0.000013	0.000013	0.000013	**	**

### **Organoclorados**

Aldrin	mg/L	0.000004	0.000004	0.00004	**	**
Clordano	mg/L	0.0000043	0.0000043	0.0000043	0.000004	0.000004
DDT (Suma de 4.4'-DDD y 4.4 DDE)	mg/L	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001	0.000001
Dieldrin	mg/L	0.000056	0.000056	0.000056	0.0000019	0.0000019
Endosulfán	mg/L	0.000056	0.000056	0.000056	0.0000087	0.0000087
Endrin	mg/L	0.000036	0.000036	0.000036	0.0000023	0.0000023
Heptacloro	mg/L	0.0000038	0.0000038	0.0000038	0.0000036	0.0000036
Heptacloro Epóxido	mg/L	0.0000038	0.0000038	0.0000038	0.0000036	0.0000036
Lindano	mg/L	0.00095	0.00095	0.00095	**	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001

Carbonato	mg/L					
Aldicarb	mg/L	0.001	0.001	0.001	0.00015	0.00015
<b>MICROBIOLÓGICO</b>						
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1000	2000	2000	1000	20000*

(a) : 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural)

(b) : Después de la filtración simple

(c) : En caso las técnicas analíticas determinan la concentración en unidades de Nitrato – N (NO<sub>3</sub> -N), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitrato (NO<sub>3</sub>)

Δ 3 : Significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

**Nota 5:**

Z El símbolo \*\* dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

Z Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

Fuente: MINAM (2017).

## 2.5. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

### 2.5.1. Hipótesis General

Se verifica el efecto de efluentes líquidos de mina procedentes de la planta de tratamiento para controlar la calidad del agua que esté por debajo de los Límites Máximo Permisibles en la laguna Animón, distrito de Huayllay, provincia de Pasco, región Pasco, 2022.

### 2.5.2. Hipótesis Específicas

- a. Se evalúa los efectos de los lodos de la planta de tratamiento para controlar la calidad del agua.
- b. Se evalúa los efectos de drenaje de agua ácida de la planta de tratamiento para controlar la calidad del agua.

## III. DISEÑO METODOLÓGICO

### 3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

#### 3.1.1. Tipo de Investigación

Para Salinas (2010), el tipo de investigación observacional se define como:

La investigación observacional es aquella que se basa en la observación de los fenómenos, características, situaciones, variaciones, etc. del asunto que se quiere investigar. Solo se observa, sin manipular, cambiar o variar nada. Luego, las

observaciones hechas se pueden registrar para posterior análisis.

En el estudio denominado efecto del efluente líquido de mina sobre la calidad del agua; se observa sin cambiar en nada la situación, es decir, sin tratar de manipular las variables para el estudio, entonces, el tipo de investigación es observacional.

Según Pavón y Gogeochea (2010), la planificación de la toma de datos prospectivo es:

El estudio en el que toda la información se recogerá, de acuerdo con los criterios del investigador y para los fines específicos de la investigación, después de la planeación de ésta, es decir que se usan datos de las mediciones realizadas para la investigación, denominada datos primarios.

Los datos para medir la calidad del agua, son recolectados directamente de los muestreos realizados en la fuente de agua, para su posterior análisis de los parámetros físico - químicos y microbiológicos en un laboratorio certificado, por lo tanto, el tipo de investigación es prospectivo.

Según Pavón y Gogeochea (2010), el estudio es transversal cuando “Se mide una sola vez la o las variables; se miden las características de un grupo de unidades en un momento dado, la cual pretende evaluar la medida de esas unidades”. La medición de la calidad del agua se ha realizado en sola campaña de muestreo en un período de tiempo, obteniendo 4 muestras en la Laguna Animón.

Según Supo y Cavero (2014), el estudio es analítico cuando “El análisis estadístico por lo menos es bivariado; porque plantea y pone a prueba la hipótesis, su nivel más básico establece la asociación entre factores”. En el presente estudio se tiene dos variables; efluente líquido de mina y calidad del agua, siendo bivariado y presenta hipótesis, por estas consideraciones el estudio es analítico.

### **3.1.2. Nivel de Investigación**

Para Salinas (2010), el nivel de investigación explicativa se define como:

Aquella que trata de analizar y/o explicar las causas de los efectos estudiados, es decir, no sólo describe la situación, fenómeno, características, relación entre causa y efecto, etc, tal como hace la investigación descriptiva, sino que analiza y/o explica el porqué de los asuntos investigados o de las asociaciones entre ellos.

En el presente estudio la causa en la calidad del agua es el efluente líquido de mina, donde el efecto es la contaminación del agua con metales pesados, entonces, el estudio es de nivel explicativo.

### **3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

El estudio es no experimental porque no se interviene el efluente líquido de mina, se estudia las dimensiones de lodos de mina y drenaje ácido de mina, para medir la calidad del agua mediante el análisis de parámetros físico -químicos y microbiológicos en base a las muestras obtenidas directamente de zona de estudio, que es analizado en un laboratorio certificado para su posterior procesamiento y comparación de datos, según los Estándares de Calidad de Agua del Ministerios del Medio Ambiente.

La recolección de datos se realizó de la fuente primaria, del agua de descarga del tratamiento y en el cuerpo de agua de la laguna, para ello se utilizó la etiqueta de identificación de la muestra que va impreso sobre el recipiente de muestreo y que sigue el modelo del formato dado por ANA.

### **3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA**

#### **3.3.1. Población**

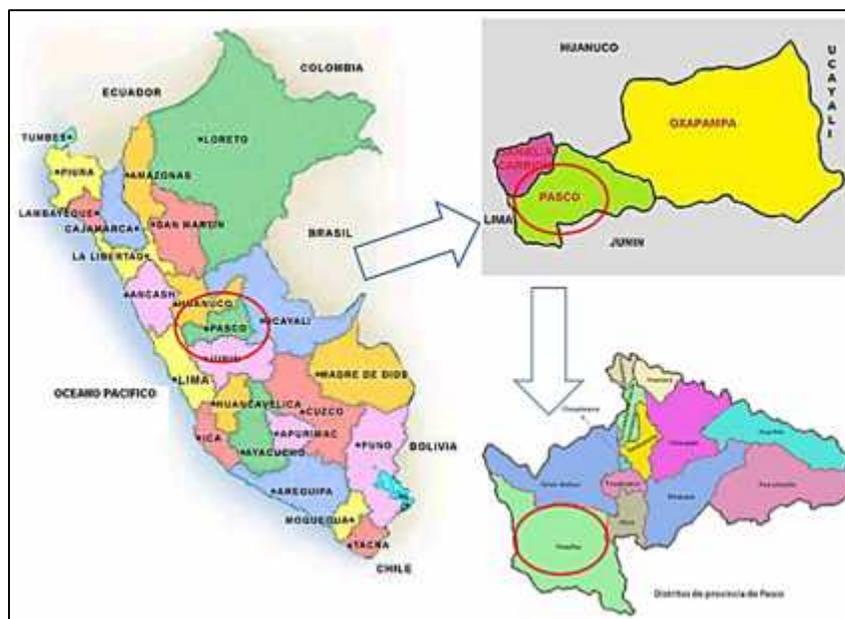
Para Arias et al.(2016), la población de estudio se define como:

Conjunto de casos, definido, limitado y accesible, que formará el referente para la elección de la muestra, y que cumple con una serie de criterios predeterminados. Es necesario aclarar que cuando se habla de población de estudio, el término no se refiere exclusivamente a seres humanos, sino que también puede corresponder a animales, muestras biológicas, expediente, hospitales, objetos, familias, organizaciones, etc.; para estos últimos, podría ser más adecuado utilizar un término análogo, como universo de estudio (p.202).

En esta investigación, la población está conformada por 3'502,950 m<sup>3</sup> de agua de la laguna Animón, respecto al efluente líquido de mina Chungar, distrito de Huayllay, provincia de Pasco, región Pasco.

### Figura 1

Mapa de Ubicación Geográfica de la Zona de Estudio



Fuente: Elaboración Propia.

### 3.3.2. Muestra

Según Fernández (2010) el muestreo por conveniencia es un “método de muestreo no probabilístico que consiste en seleccionar a los individuos que convienen al investigador para la muestra, esta conveniencia se produce porque al investigador le resulta más sencillo examinar a estos sujetos, ya sea por su proximidad geográfica, etc.”; por tanto, para la muestra se ha considerado 4 estaciones de muestreo de agua en la laguna Animón que representan 0.006 m<sup>3</sup> de agua, respecto a los efluentes líquidos de mina Chungar, distrito de Huayllay, Región Pasco.

## Figura 2

### Ubicación Geográfica de la Laguna Animón



Fuente: Google Earth (2022).

Según las coordenadas UTM Zona 18, se tiene las ubicaciones de las estaciones de muestreo que se realiza en la laguna Animón para su respectivo análisis físico- químico y microbiológico en un laboratorio certificado.

## Tabla 4

### Ubicación de la Estaciones de Muestreo

Estación de muestreo		Coordenadas UTM Zona 18		Altitud
Código	Nombre	Este	Norte	(m.s.n.m.)
E1	Estación de muestreo E1	344134.00	8780865.00	4611.00
E2	Estación de muestreo E2	344317.00	8780990.00	4610.80
E3	Estación de muestreo E3	344220.00	8781211.00	4611.20

Fuente: Elaboración Propia.

Se emplea el instrumento registro, para recolectar los datos, luego de los análisis realizados a las muestras, por la empresa de Servicios Analíticos Generales S.A.C., sobre los parámetros físicos- químicos y microbiológicos de la laguna Animón.

#### Figura 4

*Etiqueta para la Muestra de Agua*

<b>Solicitante/cliente:</b>			
Nombre laboratorio:			
Código punto de monitoreo:			
Tipo de cuerpo de agua:			
Fecha de muestreo:		Hora:	
Muestreado por:			
Parámetro requerido:			
<b>Físicos –</b>	Aceites y grasas, cianuro libre, DBO5, Fenoles, Nitratos, sólidos		
<b>químicos:</b>	suspendidos totales, sulfuros y metales.		
<b>Microbiológico:</b>	Coliformes termotolerantes		
Preservada:	SI	NO	Tipo reactivo:

Fuente: ANA (2016).

El instrumento registro se muestra en el anexo 4, usado por laboratorio Servicios Analíticos Generales S.A.C., donde han registrado los datos de los análisis realizados.

### 3.4. VARIABLES

#### 3.4.1. Definición Conceptual de las Variables

##### 3.4.1.1. Variable Causa

**Efluente líquido de mina:** Son aguas de bajo pH, que atraviesan la roca mineralizada, estas corresponden a drenaje de ácidos de mina, las cuáles son aguas contaminadas que se

caracterizan por su alto contenido de acidez, que pueden ser líquidos o espesos según el porcentaje de agua.

#### **Dimensiones**

**Lodos de mina:** Es un líquido con contenido de sólidos en suspensión, sin ningún tipo de tratamiento, que contiene metales pesados, su volumen se mide en ( $m^3$ ).

**Drenaje ácido de mina:** Aguas de bajo pH, que atraviesan la roca mineralizada. contaminante grave debido a su naturaleza, estas aguas contaminadas se caracterizan por su alto contenido de acidez, sulfato y metales pesados. La medición más importante se realiza en unidad de pH (<7).

#### **3.4.1.2. Variable Efecto**

**Calidad del agua:** Se define por sus características físicas, químicas y microbiológicas que corresponde a las propiedades que influirán en su aceptabilidad para un uso específico, es decir, esta satisface las necesidades del usuario

#### **Dimensiones**

**Parámetros físicos - químicos:** Es la determinación de sustancias físico - químicos específicas que puedan afectar a la salud, tras cortos o largos períodos de exposición. Se determina mediante valores cuantitativos de los parámetros físico- químicos del agua, generalmente estos parámetros se determinan en  $m /L$ .

**Parámetro microbiológico:** Es el consumo de agua contaminada con excrementos humanos o animales que generan riesgos para la salud humana enfermedades infecciosas ocasionadas por agentes patógenos como bacterias, virus y parásitos enfermedades relacionadas con los agentes patógenos, de su infectividad y de la población expuesta. Se determina mediante valores cuantitativos de los parámetros microbiológicos del agua y estas se determinan generalmente en  $N /100 m$ .

### 3.4.2. Definición Operacional de las Variables

#### 3.4.2.1. Variable Causa

**X: Efluente líquido de mina**

##### Dimensiones

**X1: Lodos de mina:** Sus dimensiones se miden en  $m^3$ .

**X2: Drenaje ácido de mina:** Aguas ácidas, se mide en unidad de pH.

#### 3.4.2.2. Variable Efecto

**Y: Calidad del agua**

##### Dimensiones

**Y1: Parámetro físico – químico:** Se determina en  $m / L$  , valores cuantitativos de los parámetros físico – químico del agua.

**Y2: Parámetro microbiológico:** Se determina mediante valores en  $N / 100 m$  , valores cuantitativos de los parámetros microbiológicos del agua.

### 3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

El término variable se define como las características o atributos que admiten diferentes valores (Sáinz y Santiago, 2008) como, por ejemplo, la estatura, la edad, el coeficiente intelectual, la temperatura, el clima, etc. Existen muchas formas de clasificación de las variables, no obstante, en esta sección se clasificarán de acuerdo con el sujeto de estudio y al uso de las mismas.

Según Arias et al. (2016), la operacionalización de variables es:

Es definir las variables para que sean medibles y manejables, significa definir operativamente las dimensiones de las variables. Un investigador necesita traducir los conceptos (variables) a hechos observables para lograr su medición. Las definiciones señalan las operaciones que se tienen que realizar para medir la variable, de forma tal,

que sean susceptibles de observación y cuantificación.

De acuerdo con Santillán (2002). “La definición operacional de un conjunto consiste en definir las operaciones que permiten medir ese concepto o los indicadores observables por medio de los cuales se manifiesta ese concepto” (p.32).

En resumen, una definición operacional puede señalar el instrumento por medio del cual se hará la medición de las variables.

**Tabla 5**

*Operacionalización de Variables*

Variable	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Pregunta
Calidad del agua	Parámetros físicos - químicos	Temperatura	°C	¿Cuánto es la temperatura del agua?
		Potencial hidrógeno pH	unidad de $p$	¿Qué contenido de pH tiene el agua?
		Conductividad eléctrica (C.E)	$\mu / \text{C}$	¿Cuánto es la conductividad eléctrica del agua?
		Oxígeno disuelto	$m / L$	¿Cantidad de oxígeno disuelto en el agua?
		Aceites y grasas	$m / L$	¿Contenido de aceites y grasas en el agua?
		Cianuro libre	$m / L$	¿Concentración de Cianuro libre en el agua?
		Demanda bioquímica de oxígeno	$m / L$	¿Contenido de demanda bioquímica de oxígeno en el agua?
		Fenoles	$m / L$	¿Concentración de fenoles en el agua?
		Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ )	$m / L$	¿Concentración de nitratos en el agua?
		Sólidos suspendidos totales	$m / L$	¿Cantidad de sólidos suspendidos totales en el agua?
		Sulfuros	$m / L$	¿Contenido de sulfuros en el agua?
		Metales	$m / L$	¿Concentración de metales que hay en el agua?
		Parámetros microbiológico	Coliformes termotolerantes	$N / 100 m$

Fuente: Elaboración propia.

### **3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.6.1. Técnicas de Recolección de Datos**

Para Hernández et al. (2014), la técnica de recolección de datos mediante el análisis documental “es la que se realiza con base en revisión de documentos, manuales, revistas, periódicos, actas científicas, conclusiones y seminarios y/o cualquier tipo de publicación considerando como fuente de información”.

En el estudio se emplea la técnica de análisis documental, para recolectar datos sobre el efluente líquido de mina, lodos de mina y drenaje ácido de mina; que afecta la calidad del agua de la laguna Animón, representado mediante los parámetros físico - químicos y microbiológicos, que indican la calidad de agua.

Los resultados del análisis se obtuvieron en el laboratorio de Servicios Analíticos Generales S.A.C. (SAG), como se muestra en los certificados de análisis en el anexo 4, siendo los resultados registrados en una base de datos de Excel, la misma que es ingresada al SPSS para el procesamiento estadístico a fin de obtener los resultados.

Para la toma de muestras en el río o lagos desde la orilla, se siguió el protocolo de toma de muestra del ANA (2016) que nos indica:

- a. El personal responsable debe colocarse las botas y los guantes descartable antes del inicio de la toma de muestra de agua.
- b. Ubicarse en el punto donde exista fácil acceso, donde la corriente sea homogénea y poco turbulenta.
- c. Antes de inicio de la toma de muestras enjuagar el balde con agua del punto de muestreo como mínimo dos veces, luego tomar una muestra de agua para medir los parámetros de campo, y registrar las mediciones en la Ficha de registro de datos de campo.

- d. Para la toma de muestras colocar un frasco en el brazo muestreador, asegurarlo y retirar la tapa y contratapa sin tocar la superficie interna del frasco.
- e. Extender el brazo muestreador y sumergir la botella en sentido contrario a la corriente, hasta que este parcialmente llena y proceder a su enjuague (mínimo dos veces), a excepción de los frascos para el análisis de los parámetros orgánicos o microbiológicos.
- f. Sumergir el recipiente a una profundidad aproximada de 20 a 30 cm desde la superficie en dirección opuesta al flujo del agua.

### **Figura 3**

*Vista de la zona de estudio*



Fuente: Elaboración Propia.

Se tomaron las precauciones de recipiente y conservación que se indican en el protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales.

#### **3.6.2. Instrumentos de Recolección de Datos**

Se emplea el instrumento registro, para recolectar los datos, luego de los análisis

realizados a las muestras, por la empresa de Servicios Analíticos Generales S.A.C., sobre los parámetros físicos- químicos y microbiológicos de la laguna Animón.

### **3.6.3. Validez del Instrumento**

La validez del instrumento garantiza que los resultados no estén viciado ni adulterado, y que se pueda comprobar su exactitud a través de procedimientos científico de manera que puedan compararse e interrelacionarse con la finalidad de la cual fueron extraídos los datos. Según Bernal, (2010, p.218) la “validez tiene que ver con lo que se mide el cuestionario y cual bien lo hace, esto indica el grado con que puede inferirse conclusiones a partir de los resultados obtenidos”. Por otra parte, la validez puede examinarse de diferente perspectiva.

Los instrumentos para la toma de datos, se valoran a través de la validez de contenido y la validez de criterio, en el primer caso se consulta el juicio de expertos para determinar si el instrumento diseñado para obtener datos de los efectos del efluente líquido de mina en la calidad del agua de la laguna Animón, que permita recabar estos datos de forma correcta.

Así mismo, para el segundo caso se aplica la validez de criterio mediante la correlación de la métrica, dado que esta proporciona información relacionada a las muestras realizadas para determinar calidad del agua.

La validez, según Hernández, Fernández y Baptista (2010, p.278), “refiere el grado de que un instrumento en verdad mide la variable que busca medir”. Para el proceso de validez del instrumento de recolección de datos de la presente investigación, se utilizó el juicio de expertos. El anexo 2 muestra el certificado para la validez de contenido y el anexo 3 muestra los datos reportados por los jueces y el cálculo de V de Aiken. La validez de contenido del instrumento registro es 1, siendo un valor significativo.

Podemos mencionar que la validez es el grado en que dicho instrumento mide en realidad la variable que se pretende medir. Para tener los datos iniciales de valor promedio, valor máximo y mínimo, desviación media y mediana se realiza con la estadística descriptiva con el programa Excel.

De acuerdo a Contreras (2018) nos “indica que para este clase de estudios entre parámetros de calidad en aguas de una laguna, se aplica en forma consistente el coeficiente de Spearman”. Para el análisis se utilizó la estadística inferencial con software estadístico SPSS y para la evaluación de la prueba de hipótesis se determinó el coeficiente de correlación Rho de Spearman (no paramétrica), descrito en el fundamento teórico y el valor sigma por medio de los cuales se evaluó la contrastación de la hipótesis y así realizar las conclusiones.

### 3.7. PROCEDIMIENTOS

En los cuerpos de agua superficial de la laguna Animón se midieron los parámetros de campo en las estaciones de muestreo E1, E2, E3 y E4: Temperatura (°C), pH, Conductividad Eléctrica (C.E) y Oxígeno Disuelto (OD) in situ. Los demás parámetros físicos, químicos y microbiológicos fueron seleccionados en función a las características de las principales fuentes contaminantes identificadas y de acuerdo a sus categorías respectivas los que fueron analizados por un laboratorio acreditado, “según lo estipulado en el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales”. Los parámetros analizados se describen en los siguientes cuadros:

**Tabla 6**

*Parámetros a Analizar en Agua Superficial en la Laguna Animón*

Estación de Muestreo	Total de Puntos	Parámetros a Evaluar	Categoría ECA - Agua
E1, E2, E3 y E4	04	pH, Temperatura, Conductividad, Oxígeno Disuelto, $D_5$ , A y G, $N - N_3$ , $N - N_3$ , P, metales (As, Ba, Cd, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb, Zn) y Coliformes Termotolerantes	4 Ríos, lagunas y lagos

Nota: Parámetros recomendados como línea base – ANA

Fuente: ANA (2020).

De lo anterior no exime la posibilidad de adicionar parámetros de evaluación en el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales según el objetivo propuesto, además podrá

considerar los siguientes factores:

- ) Tipología de las fuentes de contaminación: extractivas, productivas, poblacionales, agrícolas, ganaderas.
- ) Materiales y sustancias químicas usadas en las actividades específicas.
- ) Productos de reacción o degradación de las materias primas.
- ) Naturaleza geológica de la cuenca hidrográfica.
- ) Anormalidades biológicas o químicas.
- ) Clasificación de los recursos hídricos.

Para ejecutar el monitoreo de manera efectiva en la laguna Animón, se preparó con anticipación los materiales de trabajo, soluciones estándar de pH, conductividad, formatos (fichas de registro de campo y cadenas de custodia) de acuerdo con la necesidad u objetivo del monitoreo. Asimismo, se deberá contar con todos los materiales y equipos de muestreo operativos y debidamente calibrados descritos en la siguiente tabla.

**Tabla 7**

*Materiales y Equipos para el Monitoreo de Agua de los Recursos Hídricos Superficiales*

<b>Medios de transporte</b>	Vehículo para transporte terrestre (camioneta) y acuático (embarcación, zodiac, lancha)
<b>Materiales</b>	Cooler grandes y pequeños, frascos de plástico y vidrio, baldes de plástico transparente de primer uso y limpios (4-20 litros de volumen), guantes descartables, mascarillas, pizetas, refrigerantes.
<b>Equipos</b>	GPS, correntómetro, multiparámetro, cámara fotográfica, botellas hidrográficas, brazo muestreador.
<b>Soluciones y reactivos</b>	Agua destilada, preservantes, soluciones estándar (pH, conductividad, etc.)
<b>Formatos</b>	Etiquetas (anexo II), ficha de datos de campo (anexo I), cadena de custodia (anexo III)
<b>Permisos</b>	Recursos hídricos marinos y lacustres: DICAPI Embalse: operador hidráulico Otros permisos en caso se requieran en la zona de intervención
<b>Material cartográfico</b>	Mapa hidrográfico o marino según corresponde

<b>Indumentaria de protección</b>	Zapatos de seguridad, botas de jebe cortas, botas de jebe musieras, vestimenta de seguridad con cinta reflectiva (pantalón, polo o camisa de manga larga, casaca, chaleco), lentes, casco, gorra, ponchos, impermeables, arnés, chaleco salvavidas
<b>Otros</b>	Plumones indelebles, lápices, cinta adhesiva, papel secante, libreta de campo, soga, cinta métrica, linterna de mano, pizarra acrílica o tablero

Nota:

- 1: Deben cumplir condiciones de seguridad para el transporte del personal, equipos y materiales establecidos en la ficha de seguridad de la embarcación, este último es obligatorio para el monitoreo de los cuerpos de agua marinos.
- 2: Frascos de primer uso cuyo volumen y características serán determinados por el parámetro a evaluar (anexo VII).
- 3: Los frascos deberán ser únicos por cada punto de monitoreo.
- 4: Se deberá verificar la calibración de los sensores de pH, OD, y conductividad dentro de las 24 horas antes del muestreo. El sensor del oxígeno disuelto debe calibrarse entre muestreo y muestreo si existe una diferencia significativa en altitud.

Fuente: ANA (2020).

El monitoreo se realizó en el mes diciembre del 2021, las muestras obtenidas fueron enviadas a un laboratorio acreditado por INACAL (Tabla 7) para el análisis de los parámetros requeridos, aplicando los diferentes métodos de ensayo acreditados, dando cumplimiento a lo dispuesto en el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad en Cuerpos Naturales de Aguas Superficiales. La información del Laboratorio y de los métodos de ensayo se describe en la Tabla 8 y 9.

## Tabla 8

### *Datos de Laboratorio*

Razón Social/Dirección	Acreditación/Registro/Vigencia
Laboratorio Servicios Analíticos Generales S.A.C. Av. Naciones Unidas N° 1565, Chacra Ríos Norte – Lima Telf.: (511) 425-6885	Acreditado por INACAL con registro N° LE-047

Fuente: Laboratorio Servicios Analíticos Generales S.A.C (2021).

Los métodos utilizados en los ensayos para determinar la calidad de agua en la laguna Animón, se determinaron a través de estándares nacionales como internacionales en los parámetros establecidos por Estándares de calidad de agua, Categoría IV: conservación del medio acuático y sub categoría E1 correspondiente a lagunas y lagos

**Tabla 9**

*Métodos Utilizados en los Ensayos*

Ref.	Sede	Parámetro	Método de Referencia	Descripción
12261	LME	Aceites y Grasas	SMEWW-APHA - AWWA-WEF Part 5520 B, 22nd Ed. 2012	Oil and Grease. Liquid, Partition – Gravimetric Method
8100	LME	Aniones por Cromatografía Iónica	EPA METHOD 300.1 Rev.1, 1997 (validado)	Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography
11597	LME	Cianuro Wad (Skalar)	ASTM D6888-09 (Validado), 2009	Standard Test Method for Available Cyanide with Ligand Displacementad Flow Injection Analysis (FIA) Utilizing Gas Diffusion Separation and Amperometric Detection
12146	LME	Coliformes Termotolerantes	SMEWW-APHA - AWWA-WEF Part 922 E-1, 22nd Ed.2012	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Precedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)
12336	LME	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	SMEWW- APHA - AWW-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. 2012	Chemical Oxygen Demand (COD): Closed Reflux, Colorimetric Method
11593	LME	Fenoles (Skalar)	SO 14402 (Validado), 1st Ed. 1999	Water quality-Determination of phenol index by Flow analysis (FIA and CFA)
10818	LME	Fósforo todas las formas (Fósforo Total)	EPA METHOD 365.3, 1983	Phosphorous, all forms (Colorimetric Ascorbic Acid, Two Reagent)
11420	LME	Metales Totales por ICP-MS	EPA 6020A, Rev. 1 February 2007	Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry
11636	LME	Nitrógeno Total (Skalar)	ISO 29441 (Validado), 1st. Ed. 2010	Water quality – Determination of total nitrogen after UV digestion- Method using Flow analysis (CFA and FIA) and spectrometric detection)

---

Fuente: Laboratorio Servicios Analíticos Generales S.A.C. (2021).

### **3.7.1. Criterios para la Evaluación de la Calidad del Agua**

La evaluación de la calidad del agua superficial se realizó de acuerdo a los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para las respectivas categorías asignadas de acuerdo al Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

En la laguna Animón, la calidad de sus aguas se evalúa de acuerdo a la Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, particularmente con la subcategoría E1 – Lagunas y lagos.

### **3.7.2. Descripción de Procedimientos de Análisis**

El registro de datos para el análisis y evaluación es el siguiente paso que se realizó en base al enfoque cuantitativo. El procedimiento de análisis consiste en preparar las observaciones, registros y mediciones obtenidas para la respectiva evaluación.

Es necesario que el instrumento o método de recolección cumpla con dos requisitos importantes, los cuales son: confiabilidad y validez, refiriéndose a la primera como el grado en que la aplicación repetida del mismo arroja resultados iguales y la validez al grado en que dicho instrumento mide en realidad la variable que pretende medir.

Para tener los datos iniciales de valor promedio, valor máximo y mínimo, desviación media y mediana se realiza con la estadística descriptiva con el programa Excel.

Diamantini et al. (2018) afirmaron que para esta clase de estudios “entre parámetros de calidad en aguas de una laguna se aplica en forma consistente el coeficiente de Spearman” (p. 8).

Para el análisis se utilizó la estadística inferencial con software estadístico SPSS y para la evaluación de prueba de hipótesis se determinó el coeficiente de correlación de Rho de Spearman (no paramétrica) descrito en el fundamento teórico y el valor sigma por medio de los cuales se evaluó la contrastación de la hipótesis y así determinar las conclusiones.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

#### 4.1.1. Resultados de Parámetros In Situ

##### 4.1.1.1. Temperatura

La medición de la temperatura se realizó en campo en cada punto de muestreo con el uso del termómetro HANNA HI98426 debidamente calibrado.

Las temperaturas de las aguas de la laguna Animón entre las cuatro muestras E1, E2, E3 y E4 se diferencian entre sí en 1 °C a lo largo del área de estudio, siendo estas medias en las E1 y E4, iniciándose de fecha 02.12.21 a horas de 8.30 am y terminando a las 12.45 pm

**Tabla 10**

*Medición de Temperatura*

Parámetro	Unidad	Estación de muestreo				
		E1	E2	E3	E4	Promedio
Temperatura	°C	17.10	17.40	18.60	18.10	17.80

Fuente: Elaboración propia.

##### 4.1.1.2. Potencial de Hidrógeno pH

La medida del pH en la laguna Animón se procedió en campo en cada punto de muestreo E1, E2, E3 y E4 con el uso del pHmetro HANNA HI98128 debidamente calibrado con soluciones buffer de pH 4, 7 y 10.

En general, el pH de las aguas de la laguna Animón tiene una tendencia a la neutralidad y permanece constante en todo el cuerpo del agua, con pocas variaciones, estando comprendidos los valores observados dentro del rango permisible (pH 6.5 a 9.0) establecido por ECA de aguas Categoría IV: Conservación al ambiente acuático, correspondiente a la sub categoría E1: Lagunas y lagos. La estación E4 tiene un valor mínimo de 7.15 y E1 con un valor máximo de 7.39 respectivamente el cual es un valor inferior a lo establecido en ECA.

**Tabla 11***Medición de Potencial de Hidrógeno pH*

Parámetro	Unidad	Estación de muestreo				
		E1	E2	E3	E4	Promedio
Potencial de hidrógeno	U. de pH	7.39	7.20	7.35	7.15	7.27

Fuente: Elaboración Propia.

**4.1.1.3. Conductividad Eléctrica (C.E).**

Las mediciones realizadas en la laguna Animón en los puntos de muestreo E1, E2, E3 y E4 con el uso del conductímetro HANNA HI98311 debidamente calibrado con solución estándar de KCl que presenta una conductividad de  $132.55 \mu / \text{C}$  (HANNA HI 7031).

La presencia de sales disueltas en el agua está expresada por la CE que generan iones de las sales disueltas, los cuales son valores relativamente bajos. En todas las estaciones de muestreo las cantidades de conductividad eléctrica se encuentran por debajo de los valores límite del ECA de agua – categoría IV la cual es de  $1000 \mu / \text{C}$ .

**Tabla 12***Medición de la Conductividad Eléctrica*

Parámetro	Unidad	Estación de muestreo				
		E1	E2	E3	E4	Promedio
Conductividad eléctrica	$\mu / \text{C}$	136.0	126.0	133.0	135.20	132.55

Fuente: Elaboración Propia.

**4.1.1.4. Oxígeno Disuelto**

Para la medición del oxígeno disuelto en las aguas de la laguna Animón se usó el oxímetro Multi 350i debidamente calibrado, se midió el OD en cada una de las muestras.

La concentración de OD permanece casi constante en las aguas de la laguna Animón según las E1, E2, E3 y E4 las cuales tienen un valor promedio de  $7.05 \text{ m} / \text{L}$ , en la E2 y E4 las

concentraciones observadas superan el nivel de concentración de OD de 7.05 *m /L* la cual es el valor mínimo establecido por ECA para agua – Categoría IV.

**Tabla 13**

*Medición de Oxígeno Disuelto*

Parámetro	Unidad	Estación de muestreo				
		E1	E2	E3	E4	Promedio
Oxígeno disuelto	<i>m /L</i>	6.96	7.20	6.40	7.65	7.05

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.2. Resultados de Parámetros Físico Químicos

##### 4.1.2.1. Aceites y Grasas

Según los resultados del laboratorio, los valores obtenidos en las estaciones de muestreo E1, E2, E3 y E4, en comparación con los Estándares de Calidad de Agua están por debajo en la Categoría IV: conservación del ambiente acuático y específicamente la subcategoría E1: Lagunas y lagos que corresponde un valor de 5.0 *m /L*.

**Tabla 14**

*Concentración de Aceites y Grasas*

Parámetro	Unidad	Estación de muestreo				
		E1	E2	E3	E4	Promedio
Aceites y Grasas	<i>m /L</i>	0.901	0.100	0.950	0.120	0.517

Fuente: Laboratorio de Servicios Analíticos Generales S.A.C.

##### 4.1.2.2. Cianuro Libre

Se tiene los resultados de los muestreos E1, E2, E3 y E4, las cuales mantienen un valor uniforme de < 0.020 *m /L* la cuales en comparación con los ECA de agua categoría IV que tiene un valor de 0.0052 *m /L*, la cual esta por encima de los límites máximos permisibles establecidos por la autoridad nacional del agua, por lo que se recomienda tomar medidas correctivas para cumplir con las normas establecidas.

**Tabla 15***Concentración de Cianuro Libre*

Parámetro	Unidad	Estación de muestreo				
		E1	E2	E3	E4	Promedio
Cianuro libre	mg/L	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020

Fuente: Laboratorio de Servicios Analíticos Generales S.A.C.

#### 4.1.2.3. Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $D_5$ )

los valores de la demanda bioquímica de oxígeno realizado en la mediciones en las aguas de la laguna Animón según los muestreo realizados en las estaciones E1, E2, E3 y E4 tiene un valor de  $< 5.0 \text{ mg/L}$  la cual en comparación los ECA agua Categoría IV y específicamente la subcategoría E1: Lagos y lagunas es de  $5.0 \text{ mg/L}$  lo cual está dentro de los parámetros establecidos, lo que indica que a mayor cantidad de demanda bioquímica de oxígeno el agua es más contaminada, porque hay muchos microorganismos que las degradan.

**Tabla 16***Concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno*

Parámetro	Unidad	Estación de muestreo				
		E1	E2	E3	E4	Promedio
$D_5$	mg/L	< 5.0	< 5.0	< 5.0	< 5.0	< 5.0

Fuente: Laboratorio de Servicios Analíticos Generales S.A.C.

#### 4.1.2.4. Fenoles

Según los resultados en las estaciones de muestreo E1, E2, E3 y E4, realizadas en las aguas de la laguna Animón, propiciadas por el laboratorio de Servicios Analíticos Generales S.A.C. se tiene que los valores en la concentración de los fenoles mantienen una uniformidad con un valor de  $< 0.001 \text{ mg/L}$  las cuales en comparación con los valores de ECA Agua Categoría IV: Conservación del ambiente acuático y específicamente la subcategoría E1: Lagos y lagunas tienen un valor de  $2.56 \text{ mg/L}$  las cuales los valores obtenido en las muestras son menores en comparación, por ello se puede afirmar que están dentro de los parámetros establecidos por la Autoridad Nacional del Agua.

**Tabla 17***Concentración de Fenoles*

Parámetro	Unidad	Estación de muestreo				
		E1	E2	E3	E4	Promedio
Fenoles	mg/L	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001

Fuente: Laboratorio de Servicios Analíticos Generales S.A.C.

**4.1.2.5. Nitratos**

Según el muestreo realizado en las aguas de la laguna Animón se tiene un valor promedio de 0.090 *m* /L, lo cual en comparación con los Estándares de Calidad de Agua en la categoría IV: Conservación del ambiente acuático y específicamente en la sub categoría E1: Lagos y Lagunas, establece un valor de 13.0 *m* /L, por ello está dentro de los parámetros establecidos.

**Tabla 18***Concentración de Nitratos*

Parámetro	Unidad	Estación de muestreo				
		E1	E2	E3	E4	Promedio
Nitratos	mg/L	0.085	0.110	0.065	0.102	0.090

Fuente: Laboratorio de Servicios Analíticos Generales S.A.C.

**4.1.2.6. Sólidos Suspendidos Totales**

Según los valores determinados por el Laboratorio de Servicios Analíticos Generales S.A.C. de las estaciones de muestreo en las aguas de la laguna Animón E1, E2, E3 y E4 tiene un promedio de 30.51 *m* /L en comparación con los Estándares de Calidad de Agua en la categoría IV: Conservación del ambiente acuático y especialmente en la categoría E1: Lagos y lagunas establece un valor de  $\leq 25.0$  *m* /L, la cual los valores obtenidos superan a los límites máximos permisibles establecidos por la normativa vigente, por lo que se recomienda a la empresa minera Chungar a cumplir con los parámetros establecidos.

**Tabla 19***Cantidad de Sólidos Suspendedos Totales*

Parámetro	Unidad	Estación de muestreo				
		E1	E2	E3	E4	Promedio
SST	mg/L	32.95	30.80	28.20	30.09	30.51

Fuente: Laboratorio de Servicios Analíticos Generales S.A.C.

**4.1.2.7. Sulfuros**

Según los resultados obtenidos de las estaciones de muestreo E1, E2, E3 y E4 del laboratorio de análisis de calidad de agua, se tienen un valor promedio de 0.003 *m* /L lo cual en comparación con los valores de Estándares de Calidad de Agua en la categoría IV: Conservación del ambiente acuático, específicamente en la subcategoría E1: Lagos y lagunas establece un valor de 0.002 *m* /L, la cual los valores obtenidos en las aguas de la laguna Animón superan los límites establecidos por la normas establecidas.

**Tabla 20***Concentración de Sulfuros*

Parámetro	Unidad	Estación de muestreo				
		E1	E2	E3	E4	Promedio
Sulfuros	mg/L	0.002	0.003	0.002	0.005	0.003

Fuente: Laboratorio de Servicios Analíticos Generales S.A.C.

**4.1.2.8. Metales**

Según los muestreos realizados en las estaciones E1, E2, E3 y E4 en las aguas de la laguna Animón los cuales se llevaron dichas muestras al laboratorio de calidad de aguas acreditado por la INACAL según los reportes se dan a conocer en la siguiente tabla.

Los resultados de los metales pesados obtenidos en el laboratorio y estás en comparación con los Estándares de Calidad de Agua en la categoría IV: Conservación del ambiente acuático y específicamente en la subcategoría E1: Lagos y lagunas están dentro de los parámetros establecidos por la normativa vigente a excepción de la concentración de plomo, ya que en la

evaluación realizadas en las aguas de la laguna Animón se tiene un valor promedio de 0.0040  $m/L$  cual en comparación con los ECA agua establece un valor de 0.0025  $m/L$ , lo cual está por encima del valor establecido.

**Tabla 21**

*Concentración de Metales en la Estación de Muestreo*

Parámetro	Unidad	Estación de muestreo				Promedio
		E1	E2	E3	E4	
Antimonio (Sb)	mg/L	0.0216	0.0170	0.0156	0.0187	0.0182
Arsénico (As)	mg/L	0.0098	0.0079	0.0101	0.0088	0.0091
Bario (Ba)	mg/L	0.0101	0.0095	0.0111	0.0106	0.0103
Cadmio (Cd)	mg/L	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002
Cobre (Cu)	mg/L	0.0007	0.0012	0.0009	0.0011	0.0009
Cromo (Cr)	mg/L	< 0.0005	0.0005	0.0005	< 0.0005	0.0016
Mercurio (Hg)	mg/L	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
Níquel (Ni)	mg/L	0.0016	0.0009	0.0012	0.0018	0.0013
Plomo (Pb)	mg/L	0.0048	0.0037	0.0041	0.0036	0.0040
Selenio (Se)	mg/L	0.0011	< 0.0002	0.0008	0.0010	0.0007
Talio (Tl)	mg/L	0.0005	< 0.0003	0.0008	< 0.0003	0.0004
Zinc (Zn)	mg/L	0.0112	0.0101	0.0098	0.0110	0.0105

Fuente: Laboratorio de Servicios Analíticos Generales S.A.C.

### 4.1.3. Resultados de Parámetros Microbiológicos

#### 4.1.3.1. Coliformes Termotolerantes

Los resultados obtenidos de las estaciones de muestreo E1, E2, E3, y E4 en las aguas de la laguna Animón se tienen un valor promedio de 194.0  $N/100m$  lo cual en comparación con los Estándares de Calidad de Agua en la categoría IV: Conservación del ambiente acuático y específicamente en la subcategoría E1: Lagos y lagunas establece un valor de 1000  $N/100m$ , lo cual está dentro de los parámetros establecidos por la normativa vigente.

**Tabla 22***Concentración de Coliformes Termotolerantes*

Parámetro	Unidad	Estación de muestreo				Promedio
		E1	E2	E3	E4	
C.C.T.	NMP/100 ml	204.0	186.0	187.0	201.0	194.0

Fuente: Laboratorio de Servicios Analíticos Generales S.A.C.

## 4.2. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

Mediante esta teoría, se aborda el problema estadístico considerando una hipótesis determinada  $H_0$  y una hipótesis alternativa  $H_1$ , y intenta dirimir cuál de las dos hipótesis se escogerá, tras aplicar el problema estadístico a un cierto número de experimentos.”

### 4.2.1. Contrastación de la Hipótesis General

#### Hipótesis Nula

$H_0$  : Se verifica el efecto de efluentes líquidos de mina procedentes de la planta de tratamiento para no controlar la calidad del agua en la laguna Animón, distrito de Huayllay, provincia de Pasco, región Pasco, 2022.

#### Hipótesis Alternativa

$H_1$  : Se verifica el efecto de efluentes líquidos de mina procedentes de la planta de tratamiento para controlar la calidad del agua en la laguna Animón, distrito de Huayllay, provincia de Pasco, región Pasco, 2022.

**Tabla 23***Cuadro Comparativo entre ECA Agua y el Promedio de Muestras*

Parámetros	Unidades	ECA Agua Categoría IV E1	Promedio muestras
<b>Parámetros Físicos químicos</b>			
Conductividad	μS/cm	1000	132.55
Oxígeno disuelto (valor mínimo)	mg/L	5	7.05
Potencia de Hidrógeno	U. de pH	6.5	7.27
Temperatura	°C	20	17.80
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	5.0	0.517
Cianuro libre	mg/L	0.0052	0.020
Demanda Bioquímica De Oxígeno	mg/L	5.0	5.0
Fenoles	mg/L	2.56	0.001
Nitratos	mg/L	13	0.090
Sólidos suspendidos totales	mg/L	25	30.51
Sulfuros	mg/L	0.002	0.003
<b>Metales y Metaloides</b>			
Antimonio	mg/L	0.64	0.0182
Arsénico	mg/L	0.15	0.0091
Bario	mg/L	0.7	0.0103
Cadmio	mg/L	0.00025	0.0002
Cobre	mg/L	0.1	0.0009
Cromo	mg/L	0.011	0.0016
Mercurio	mg/L	0.0001	0.0001
Níquel	mg/L	0.052	0.0013
Plomo	mg/L	0.0025	0.0040
Selenio	mg/L	0.005	0.0007
Talio	mg/L	0.0008	0.0004
Zinc	mg/L	0.12	0.0105
<b>Microbiológicos</b>			
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1000	194.0

Fuente: Laboratorio de Servicios Analíticos Generales S.A.C.

Los datos obtenidos en la tabla 23 se procesa en el programa IBM SPSS Statistics, para obtener la correlación de Rho de Spearman entre las variables de la hipótesis general las cuales en

nuestro estudio vienen hacer variable independiente y la variable dependiente, con lo cual se obtiene el grado de significancia que para nuestro cálculo debe ser inferior al 5%.

La correlación se mide mediante la determinación “del coeficiente de correlación:  $R =$  coeficiente de correlación. Este método mide el grado de relación existente entre dos variables, el valor de  $R$  varía de  $-1$  a  $1$ .

**Tabla 24**

*Correlación entre las Variables de la Hipótesis General*

			V.I	V.D
Rho de Spearman		Coeficiente de correlación	1,000	,862**
	V.I	Sig. (bilateral)	.	,000
		N	24	24
		Coeficiente de correlación	,862**	1,000
	V.D	Sig. (bilateral)	,015	.
		N	24	24

\*\* . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: IBM SPSS Statistics.

Esta tabla 24 mide el grado de relación entre las variables independientes y dependientes. Dentro de ello el coeficiente de correlación y el grado de significancia.

En la presente investigación el valor de la correlación es igual a 86.20%, lo que indica correlación directa, alta y por lo tanto apoya el modelo de investigación desarrollada.

En base al cuadro del SPSS indicada en la tabla 24, el valor de significancia ( $S$  .), es igual a 0.015 lo que equivale al 1.5%, el mismo que es menor al margen de error propuesto del 5.0%, lo que, de acuerdo con la teoría estadística generalmente aceptada, permite rechazar la hipótesis nula y” aceptar la hipótesis alternativa, desde el punto de vista de la correlación de las variables. Luego esto significa que la correlación obtenida para la muestra es significativa y que dicho valor no se debe a la casualidad, sino a la lógica y sentido del modelo de investigación formulado.

En conclusión, se verifica el efecto de efluentes líquidos de mina procedentes de la planta de tratamiento para controlar la calidad del agua en la laguna Animón, distrito de Huayllay, provincia de Pasco, región Pasco, 2022.

#### 4.2.2. Contrastación de la Hipótesis Específicas

##### 4.2.2.1. Contrastación de la Hipótesis Específica 1

###### Hipótesis Nula

$H_0$  : Se evalúa los efectos de los lodos de la planta de tratamiento para no controlar la calidad del agua.

###### Hipótesis Alternativa

$H_1$  : Se evalúa los efectos de los lodos de la planta de tratamiento para controlar la calidad del agua.

**Tabla 25**

*Cuadro Comparativo entre el LMP para Descarga y Lodos de Mina*

Parámetros	Unidades	Límite para el promedio anual	Promedio muestras
pH	U. de pH	6 – 9	7.27
Sólidos totales en suspensión	mg/L	25.0	30.51
Aceites y Grasas	mg/L	16.0	0.517
Cianuro Total	mg/L	0.80	0.020
Arsénico Total	mg/L	0.08	0.0091
Cadmio Total	mg/L	0.04	0.0002
Cromo	mg/L	0.06	0.002
Cobre Total	mg/L	0.40	0.0009
Hierro	mg/L	1.60	0.082
Plomo	mg/L	0.16	0.0040
Mercurio Total	mg/L	0.0016	0.0001
Zinc Total	mg/L	1.20	0.0105

Fuente: Laboratorio de Servicios Analíticos Generales S.A.C.

Los datos obtenidos en la tabla 25, se procesa en el programa IBM SPSS Statistics, para obtener la correlación entre las variables de la hipótesis específica 1.

**Tabla 26**

*Correlación entre las Variables de Hipótesis Específica 1*

		V.ID1	V.D
Rho de Spearman	Coeficiente de correlación	1,000	,937**
	V.ID1 Sig. (bilateral)	.	,000
	N	12	12
	Coeficiente de correlación	,937**	1,000
	V.D Sig. (bilateral)	,001	.
	N	12	12

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: IBM SPSS Statistics.

La correlación se mide mediante la determinación del coeficiente de correlación:  $R =$  coeficiente de correlación. Este método mide el grado de relación existente entre dos variables, el valor de  $R$  varía de  $-1$  a  $1$ .

En la presente investigación el valor de la correlación es igual a 93.70%, lo que indica correlación directa, alta y por lo tanto apoya el modelo de investigación desarrollada.

En base al cuadro del SPSS indicada en la tabla 26, el valor de significancia ( $S$  .), es igual a 0.001 lo que equivale al 0.1%, el mismo que es menor al margen de error propuesto de 5.0%, lo que, de acuerdo con la teoría estadística generalmente aceptada, permite rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa, desde el punto de vista de la correlación de las variables. Luego esto significa que la correlación obtenida para la muestra es significativa.

En conclusión, se evalúa los efectos de los lodos de la planta de tratamiento para controlar la calidad del agua.

#### 4.2.2.2. Contrastación de la Hipótesis Específica 2

##### Hipótesis Nula

$H_0$  : Se evalúa el drenaje de agua ácida de la planta de tratamiento para no controlar la calidad del agua.

##### Hipótesis Alternativa

$H_1$  : Se evalúa el drenaje de agua ácida de la planta de tratamiento para controlar la calidad del agua.

**Tabla 27**

*Cuadro Comparativo entre el LMP para Descargas y Drenaje Ácido de Mina*

Parámetros	Unidades	Límite para el	Drenaje ácido de mina
		promedio anual	
pH	U. de pH	6 – 9	6.1
Sólidos totales en suspensión	mg/L	25.0	30.51
Aceites y Grasas	mg/L	16.0	12.2
Cianuro Total	mg/L	0.80	0.4
Arsénico Total	mg/L	0.08	0.05
Cadmio Total	mg/L	0.04	0.021
Cromo	mg/L	0.06	0.002
Cobre Total	mg/L	0.40	0.032
Hierro	mg/L	1.60	0.0811
Plomo	mg/L	0.16	0.21
Mercurio Total	mg/L	0.0016	0.0001
Zinc Total	mg/L	1.20	0.0198

Fuente: Datos procesados de la información de pública del MINEM (2021).

Los datos obtenidos en la tabla 27, se procesa en el programa IBM SPSS Statistics, para obtener la correlación de Rho de Spearman entre las variables de la hipótesis específica 2 (variable independiente: Dimensión 2 y la variable dependiente), obteniéndose el grado de significancia que para nuestro cálculo debe ser inferior al 5%.

**Tabla 28**

*Correlación entre las Variables de Hipótesis Específica 2*

		V.ID2	V.D
Rho de Spearman	Coeficiente de correlación	1,000	,818**
	V.ID2 Sig. (bilateral)	.	,001
	N	12	12
	Coeficiente de correlación	,818**	1,000
	V.D Sig. (bilateral)	,001	.
	N	12	12

\*\* . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: IBM SPSS Statistics.

En la presente investigación el valor de la correlación es igual a 81.18% lo que indica correlación directa, alta y por lo tanto apoya el modelo de investigación desarrollada.

En base al cuadro del SPSS indicada en la tabla 18, el valor de significancia ( $S_{ij}$ ), es igual a 0.001 lo que equivale al 0.1%, el mismo que es menor al margen de error propuesto de 5.0%, lo que, de acuerdo con la teoría estadística generalmente aceptada, permite rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa, desde el punto de vista de la correlación de las variables. Luego esto significa que la correlación obtenida para la muestra es significativa.

En conclusión, se evalúa el drenaje de agua ácida de la planta de tratamiento para controlar la calidad del agua.

#### **4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

Según los resultados de análisis de la calidad de agua se verificó el efecto de efluentes líquidos de mina procedentes de la planta de tratamiento para controlar la calidad del agua que debe estar debajo de los Límites Máximo Permisibles en la laguna Animón, distrito de Huayllay, provincia de Pasco, región Pasco, 2022, los resultados de la correlación de Spearman con el

Programa IBM SPSS Statistics nos da una correlación de 86.80%, lo que indica una correlación directa, alta y, por lo tanto, es compatible con el modelo de investigación desarrollada. Sin embargo, los parámetros evaluados según la categoría IV: conservación del ambiente acuático, en particular la sub categoría E1: lagos y lagunas, está en comparación con el valor promedio de las muestras obtenidos en las estaciones de muestreo  $E_1, E_2, E_3$  y  $E_4$  en el laboratorio de Servicios Analíticos Generales S.A.C., estas se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la normatividad vigente, a excepción de los siguientes parámetros: sólidos suspendidos totales que en las aguas de la laguna Animón se tiene un valor promedio de  $30.51 \text{ m /L}$ , la normatividad establece un valor de  $25.0 \text{ m /L}$ , la cual está supera en 22.04%, la concentración de sulfuros se tiene un valor promedio de  $0.003 \text{ m /L}$ , la normatividad establece un valor de  $0.002 \text{ m /L}$ , por cual esta concentración de sulfuros supera en un 50.0% al valor límite establecido y por último la concentración de plomo en las aguas de la laguna Animón se tiene un valor promedio de  $0.0040 \text{ m /L}$ , la normatividad establece un valor de  $0.0025 \text{ m /L}$ , la cual en comparación con la concentración de  $P$  en las aguas de la laguna Animón exceden en un 60.0 % a los valores establecidos por la normatividad vigente.

En cuanto a los resultados obtenidos de la verificación de los efectos de los lodos de la planta de tratamiento para controlar la calidad del agua de la laguna Animón, distrito de Huayllay, provincia de Pasco, región Pasco, 2022, según los resultados de la correlación de Spearman con el Programa IBM SPSS Statistics nos da una correlación de 93.70% lo que indica una correlación directa, alta y por lo tanto apoya el modelo de la investigación desarrollada. Según la tabla 25 podemos visualizar que el promedio de las muestras obtenidas de las estaciones de muestreo en la aguas de la laguna Animón, estas en comparación con el Decreto Supremo N° 010 – MINAM, se tiene que los parámetros establecidos por esta normativa están dentro de los parámetros establecidos a excepción los sólidos suspendidos totales que se tiene un valor de  $30.51 \text{ m /L}$ , la cual la normativa establece un valor de  $25.0 \text{ m /L}$  para este parámetro por la cual las aguas de la laguna Animón se encuentran en un 22.04% superior al valor límite establecido.

En cuanto a los resultados obtenidos a la verificación de agua ácida de la planta de tratamientbo para controlar la calidad del agua de la laguna Animón, distrito de Huayllay, provincia de Pasco, región Pasco, 2022, según los resultados de la correlación de Spearman con el programa BM

SPSS Statistics, obtenemos una correlación de 81.80%, lo que indica una correlación directa y alta, por lo que sustenta el modelo de investigación desarrollada. Sin embargo, la descarga del drenaje de ácido de mina se evaluó de acuerdo a los límites máximos permisibles de descarga de efluentes líquidos de actividades minero – metalúrgicas de acuerdo al Decreto Supremo N° 010 - 2010 – MINAM, en la cual los valores obtenidos se encuentran dentro de los parámetros establecidos, a excepción de sólidos totales en suspensión que está por encima de lo establecido que es de  $25.0 \text{ m /L}$  límite promedio anual, lo cual en el muestreo nos da un valor promedio de  $30.51 \text{ m /L}$ , como también en la concentración de  $P$ , la cual esta supera al valor establecido por la normativa vigente que establece un valor  $0.16 \text{ m /L}$  y los resultados in situ se tiene un valor promedio de  $0.21 \text{ m /L}$ .

## **V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. CONCLUSIONES**

- a. En el presente estudio, se evaluó los efectos de los lodos de la planta de tratamiento para controlar la calidad del agua de la laguna Animón, distrito de Huayllay, provincia de Pasco, región Pasco, 2022, Según la tabla 25 podemos visualizar que el promedio de las muestras obtenidas de las estaciones de muestreo en la aguas de la laguna Animón, estas en comparación con el Decreto Supremo N° 010 – MINAM, se tiene que los parámetros establecidos por esta normativa están dentro de los parámetros establecidos a excepción los sólidos suspendidos totales que se tiene un valor de  $30.51 \text{ m /L}$ ; la normativa establece un valor de  $25.0 \text{ m /L}$  para este parámetro por la cual las aguas de la laguna Animón se encuentran en un 22.04% superior al valor límite.
- b. En el presente estudio. se evaluó el drenaje de agua ácida de la planta de tratamiento para controlar la calidad del agua de la laguna de la laguna Animón, distrito de Huayllay, provincia de Pasco, región Pasco, 2022. La descarga del drenaje de agua ácida se evaluó de acuerdo a los límites máximos permisibles de descarga de efluentes líquidos de actividades minero – metalúrgicas de acuerdo al Decreto Supremo N° 010 - 2010 – MINAM, en la cual los valores obtenidos se encuentran dentro de los parámetros establecidos, a excepción de sólidos totales en suspensión que está por encima de lo establecido que es de  $25.0 \text{ m /L}$  límite promedio anual, lo cual en el muestreo nos da

un valor promedio de  $30.51 \text{ m /L}$ , como también en la concentración de  $P$ , la cual esta supera al valor establecido por la normativa vigente que establece un valor  $0.16 \text{ m /L}$  y los resultados in situ se tiene un valor promedio de  $0.21 \text{ m /L}$ .

- c. En el presente estudio se verifica el efecto de efluentes líquidos de mina procedentes de la planta de tratamiento para controlar la calidad del agua que esté por debajo de los límites máximo permisibles en la laguna Animón, distrito de Huayllay, provincia de Pasco, región Pasco, 2022. Los parámetros evaluados según la categoría IV: Conservación del ambiente acuático, en particular la sub categoría E1: Lagos y Lagunas, está en comparación con el valor promedio de las muestras obtenidos en las estaciones de muestreo  $E_1, E_2, E_3$  y  $E_4$  en el laboratorio de Servicios Analíticos Generales S.A.C, estas se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la normatividad vigente, a excepción de los siguientes parámetros: sólidos suspendidos totales que en las aguas de la laguna Animón se tiene un valor promedio de  $30.51 \text{ m /L}$ , la normatividad establece un valor de  $25.0 \text{ m /L}$ , la cual está supera en 22.04%, la concentración de sulfuros se tiene un valor promedio de  $0.003 \text{ m /L}$ , la normatividad establece un valor de  $0.002 \text{ m /L}$ , por cual esta concentración de sulfuros supera en un 50.0% al valor límite establecido y por último la concentración de plomo en las aguas de la laguna Animón se tiene un valor promedio de  $0.0040 \text{ m /L}$ , la normatividad establece un valor de  $0.0025 \text{ m /L}$ , la cual en comparación con la concentración de  $P$  en las aguas de la laguna Animón exceden en un 60.0 % a los valores establecidos por la normatividad vigente.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- a. Referente a la concentración de los sólidos suspendidos totales, sulfuros y plomo en las aguas de la laguna Animón, las cuales exceden el valor límite de la normativa vigente, se recomienda al Organismo encargado de la Evaluación y Fiscalización Ambiental, hacer cumplir e implementar técnicas de mitigación a la empresa para cumplir con estándares de calidad ambiental.
- b. Se recomienda realizar un estudio más detallado de la calidad de agua de la laguna

Animón para caracterizar el área y realizar un estudio geográfico, para así poder identificar las principales fuentes de contaminación.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA. (2016). Protocolo Nacional de Monitoreo de Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. In *Ana* (p. 59).
- ANA. (2020). *Diagnóstico hídrico rápido de la cuenca del río Santa como fuente de agua y servicios ecosistémicos hídricos para la EPS SEDALIB S.A.*
- Arias Gómez, J., Villasís Keever, M. Á., & Miranda Novales, M. G. (2016). El Protocolo de Investigación III: La Población de Estudio. *Revista Alergia Mexico*, 63(2), 201–206. <https://doi.org/10.29262/ram.v63i2.181>
- Ávila Baray, H. L. (1999). *Introducción a la Metodología de la Investigación* (Eumed.net (ed.); Vol. 1, Issue 10).
- Bernal, C. A. (2010). *Metodología de la Investigación* (Pearson (ed.); Tercera Ed).
- Castillo Félix, M. A. (2016). *Bioprecipitación de metales pesados en un reactor de lecho de lodos anaeróbios de Flujo Ascendente (UASB)*.
- Contreras Blanco, L. F. (2018). La Contaminación por Hierro - Plomo y su afectación en parámetros de Calidad del Agua en el río Chillón, estación San Diego – Noviembre, 2018. In *Universidad Ricardo Palma*.
- Diamantini, E., Lutz, S. R., Mallucci, S., Majone, B., Merz, R., & Bellin, A. (2018). Driver detection of water quality trends in three large European river basins. *Science of the Total Environment*, 612, 49–62. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.172>
- DIGESA. (2009). *Parámetros Organolépticos* (GESTA AGUA (ed.)).
- Guillen perez, J. adolfo. (2020). Vertimiento de efluentes mineros de mina Marta en la contaminación de las aguas del rio Tinyacclla. *Universidad Nacional Del Centro Del Perú*, 1–101. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/6180>
- Haas Velito, E. (2005). *Aspectos microbiológicos en la Calidad del Agua*. 4(2), 53–56. [https://doi.org/10.1016/s1578-1550\(05\)75110-x](https://doi.org/10.1016/s1578-1550(05)75110-x)
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6th ed.). Mc Graw Hill Education.
- Hernández Sampieri , Roberto Fernández Collado, C., & Baptista Lucío, P. (2010). *Metodología de la investigación*.

- Inquilla Ccalla, C. (2020). *Calidad Microbiológica y Físico Química de las Aguas del río Coata, Puno - 2018*.
- Jajardo Vidal, N. S. (2018). *Evaluación de la calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas en el Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla , región Callao , Perú*.
- Mayca Zegarra, G. C. G. (2019). *Calidad De Agua Del Río Rímac Sector Chicla, Provincia De Huarochiri, Departamento De Lima*.
- Méndez Valencia, S., & Cuevas Romo, A. (2016). *Manual introductorio al SPSS Statistics Standard Edition 22* (Universidad de Celaya (ed.)).
- MINAM. (2010). Decreto Supremo N°010-2010-MINAM. In *El Peruano* (p. 4).
- MINAM. (2017). *Decreto Supremo N° 004 - 2017 - MINAM*. 10–19.
- MINSA. (2010). *Informe N° 001860 - 2010/DEPA-APRHI/DIGESA*.
- Oré Cierro, L. E. (2019). *Parámetros físico - químicos del agua de la Laguna de los Milagros del Distrito de Pueblo Nuevo*.
- Oropeza García, N. (2006). *Lodos residuales : estabilización y manejo. figura 1*, 51–58.
- Pabón, B., & Villa, S. (2020). *Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción*. 14(27), 9–18.
- Pari Huaquisto, D. C. (2017). *Efectos de los relaves mineros en la calidad del agua del río Ananea - Puno*.
- Pavón León, P., & Gogeochea Trejo, M. del C. (2010). Metodología de la Investigación. In *Universidad Veracruzana, Instituto de Ciencias de la Salud*.
- Pisfil Calle, Y. R. (2019). Remediación de suelos contaminados en operaciones de perforación en nor-oeste y selva. *Aprovechamiento y Gestión Sustentable Del Ambiente*, 1–110.
- Quispe Andía, A., & Calla Vazquez, K. (2019). *Estadística no paramétrica aplicada a la investigación científica* (EIDEC (ed.); Bogotá, Co).
- Romero, A. A., Flores, S. L., & Medina, R. (2008). Estudio de los metales pesados en el relave abandonado de Ticapampa. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalurgica y Geográfica*, 11(22), 13–16.
- Rubio Rodríguez, C., & Páez Correa, K. S. (2019). *Ruta metodológica para la correcta disposición de los lodos extraídos durante las obras de recuperación de la Laguna de Fúquene*.

- Sáinz Fuertes, A., & Santiago Gutiérrez, B. (2008). Metodología Científica en la Economía de la Empresa: El Diseño del Proceso de Investigación. *Revista Estratégicas*, Vol.16, 19.
- Salinas, P. J. (2010). *Metodología de la Investigación Científica* (Universidad de Los Andes (ed.); Facultad de).
- Santillán, M. (2002). Los Términos Teóricos en La Ciencia. *Cuadernos de La Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales. Universidad Nacional de Jujuy*, 15, 121–125.
- Sawyer, C., McCarty, P., & Parkin, G. F. (2001). *Química para ingeniería ambiental* (Cuarta Edi).
- Serpa Juli, M. S. (2017). *Remoción de metales pesados Cd y Hg en Lodos Residuales de la Laguna de Estabilización Secundaria el Espinar - Puno, Utilizando Vermicomposteo*.
- Servicio Nacional de Geología y Minería SERNAGEOMIN. (2016). Guía para el cumplimiento de DS248 Depósitos de relaves bajo producción de 5000 tpm. In *SERNAGEOMIN* (p. 53).
- Sierra Ramírez, C. A. (2011). *Calidad del agua. Evaluación y diagnóstico* (E. de la U (ed.); 1º Edición).
- Simate, G. S., & Ndlovu, S. (2014). *Acid mine drainage: Challenges and opportunities Geoffrey*. 2, 1785–1787.
- Supo, F., & Caverro, H. (2014). *Fundamentos Teóricos y Procedimentales de la Investigación Científica en Ciencias Sociales* (F. Supo (ed.)).
- Tumialán De La Cruz, P. H. (2004). La Geología En Relación Al Sistema Ecológico En El Perú. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalurgica y Geográfica*, 7(13), 9–15.
- Villena Chávez, J. A. (2018). Calidad del agua y desarrollo sostenible. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 35(2), 304–308.  
<https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3719>
- Zbinden Véliz, A. M. (2011). *Evaluación del riego con agua clara de relave alta en molibdeno y sulfatos sobre la calidad del suelo y del forraje*.

## VII. ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de Consistencia

Efecto del efluente líquido de mina y la calidad del agua de la laguna Animón, distrito de Huayllay, Provincia de Pasco, Región Pasco, 2022.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN
<p><b>1. PROBLEMA GENERAL</b> ¿Cómo se verifica el efecto de efluente líquido de mina procedente de la planta de tratamiento para controlar la calidad del agua de la laguna Animón, distrito de Huayllay, provincia de Pasco, región Pasco, 2022?</p> <p><b>2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b> a. ¿Cómo se evalúa los efectos de los lodos de la planta de tratamiento para que no afecte la calidad del agua? b. ¿Cómo se evalúa los efluentes del drenaje de agua ácida de la planta de tratamiento para que no afecte la calidad del agua?</p>	<p><b>1. OBJETIVO GENERAL</b> Verificar el efecto del efluente líquido de la planta de tratamiento en el control de la calidad del agua de la laguna Animón, distrito de Huayllay, provincia de Pasco, Región Pasco, 2022.</p> <p><b>2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> a. Verificar los efectos de los lodos de la planta de tratamiento para que no afecte la calidad de agua. b. Verificar los efectos del drenaje de agua ácida de la planta de tratamiento para que no afecte en la calidad de agua..</p>	<p><b>1. HIPÓTESIS GENERAL</b> Se verifica el efecto de efluentes líquidos de mina procedentes de la planta de tratamiento para controlar la calidad del agua que esté por debajo de los límites máximo permisibles en la laguna Animón, distrito de Huayllay, provincia de Pasco, región, 2022.</p> <p><b>2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</b> a. Se evalúa los efectos de los lodos de la planta de tratamiento para controlar la calidad del agua. b. Se evalúa el drenaje de agua ácida de la planta de tratamiento para controlar la calidad del agua.</p>	<p><b>1. VARIABLE CAUSA</b> X: Efluente líquido de mina</p> <p><b>DIMENSIONES:</b> X1: Lodo de mina X2: Drenaje ácido de mina</p> <p><b>2. VARIABLE EFECTO:</b> Y: Calidad del agua</p> <p><b>DIMENSIONES:</b> Y1: Parámetros físicos - químicos Y2: Parámetros Microbiológicos</p>	<p><b>1. TIPO DE INVESTIGACIÓN</b> Observacional, prospectivo, transversal y analítico.</p> <p><b>2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN</b> Explicativo</p> <p><b>3. POBLACIÓN</b> La población de estudio está conformada por la laguna Animón, distrito de Huayllay, provincia de Pasco, región Pasco, 2022.</p> <p><b>4. MUESTRA</b> Se realizará un muestreo por conveniencia, considerando 4 puntos de muestreo en la laguna Animón, distrito de Huayllay, provincia de Pasco, región Pasco, 2022.</p> <p><b>5. TÉCNICAS</b> Análisis documental</p> <p><b>6. INSTRUMENTOS</b> Registro</p>

## Anexo 2. Certificado de Validez de Contenido del Instrumento que Mide la Calidad del Agua

Nº	Calidad del agua	Relevancia <sup>1</sup>		Representatividad <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias/Observaciones
		Si	No	Si	No	Si	No	
	<b>Dimensión 1: Parámetros Físicos - Químicos</b>							
1	¿Cuánto es la temperatura del agua?							
2	¿Qué contenido de potencia de hidrógeno tiene el agua?							
3	¿Cuánto es la conductividad eléctrica del agua?							
4	¿Cantidad de oxígeno disuelto en el agua?							
5	¿Contenido de aceites y grasas en el agua?							
6	¿Concentración de cianuro libre en el agua?							
7	¿Contenido de demanda bioquímica de oxígeno en el agua?							
8	¿Concentración de fenoles en el agua?							
9	¿Concentración de nitratos en el agua?							
10	¿Cantidad de sólidos suspendidos totales en el agua?							
11	¿Contenido de sulfuros en el agua?							
12	¿Concentración de metales que hay en agua?							
	<b>Dimensión 2: Parámetros Microbiológicos</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	
13	¿Cantidad de coliformes termotolerantes en el agua?							

Observaciones (precisar si hay suficiencia): \_\_\_\_\_

Opinión de aplicabilidad:      Aplicable [  ]      Aplicable después de corregir [  ]      No aplicable [  ]

Apellidos y nombres del juez validador. Dr./Mg: \_\_\_\_\_

DNI: \_\_\_\_\_

Especialidad del validador: \_\_\_\_\_

<sup>1</sup>Relevancia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado

<sup>2</sup>Representatividad: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

\_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ del 2022

<sup>3</sup>Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

**Nota:** Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

\_\_\_\_\_  
Firma del Experto Informante

### Anexo 3. Matriz de Opinión de Jueces

Inserte Valores

Mín	0	
Máx	1	
k	1	
n	5	
Sig	1.96	95%

		Juez	Juez	Juez	Juez	Juez	Media	DE	V de Aiken (0.86)	Interpretación V	Intervalo de Confianza	
		1	2	3	4	5					Inferior	Superior
1. ¿Cuánto es la temperatura del agua?	Relevancia	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Representatividad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Claridad	1	1	1	1	0	0.80	0.45	0.80	VALIDO	0.38	0.96
2. ¿Qué contenido de potencia de hidrógeno tiene el agua?	Relevancia	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Representatividad	1	0	1	1	1	0.80	0.45	0.80	VALIDO	0.38	0.96
	Claridad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
3. ¿Cuánto es la conductividad eléctrica del agua?	Relevancia	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Representatividad	0	1	1	1	1	0.80	0.45	0.80	VALIDO	0.38	0.96
	Claridad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
4. ¿Cantidad de oxígeno disuelto en el agua?	Relevancia	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Representatividad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Claridad	1	0	1	1	1	0.80	0.45	0.80	VALIDO	0.38	0.96
5. ¿Contenido de aceites y grasas en el agua?	Relevancia	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Representatividad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Claridad	1	0	1	1	1	0.80	0.45	0.80	VALIDO	0.38	0.96
6. ¿Concentración de cianuro libre en el agua?	Relevancia	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Representatividad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Claridad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00

		Juez	Juez	Juez	Juez	Juez	Media	DE	V de Aiken (0.86)	Interpretación V	Intervalo de Confianza	
		1	2	3	4	5					Inferior	Superior
7. ¿Contenido de demanda bioquímica de oxígeno en el agua?	Relevancia	1	1	1	0	1	0.80	0.45	0.80	VALIDO	0.38	0.96
	Representatividad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Claridad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
8. ¿Concentración de fenoles en el agua?	Relevancia	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Representatividad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Claridad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
9. ¿Concentración de nitratos en el agua?	Relevancia	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Representatividad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Claridad	1	0	1	1	1	0.80	0.45	0.80	VALIDO	0.38	0.96
10. ¿Cantidad de sólidos suspendidos totales en el agua?	Relevancia	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Representatividad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Claridad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
11. ¿Contenido de sulfuros en el agua?	Relevancia	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Representatividad	1	1	0	1	1	0.80	0.45	0.80	VALIDO	0.38	0.96
	Claridad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
12. ¿Concentración de metales que hay en el agua?	Relevancia	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Representatividad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Claridad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
13. ¿Cantidad de Coliformes Termotolerantes en el agua?	Relevancia	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Representatividad	1	0	1	1	1	0.80	0.45	0.80	VALIDO	0.38	0.96
	Claridad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00

## Anexo 4. Instrumento para Recolectar Datos



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO  
DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-047



### INFORME DE ENSAYO N° 124702 - 2021 CON VALOR OFICIAL

RAZÓN SOCIAL : TACURI GAMBO AMILCAR  
DOMICILIO LEGAL : ASOC. SAN FELIPE SEC.2. AYACUCHO-AYACUCHO-AYACUCHO  
SOLICITADO POR : TACURI GAMBO AMILCAR  
REFERENCIA : RESERVADO POR EL CLIENTE  
PROCEDENCIA : PASCO  
RESPONSABLE ANÁLISIS : QUÍM. BELBETH Y. FAJARDO LEÓN  
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS : 2021-12-03  
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS : 2021-12-03  
MUESTREADO POR : EL CLIENTE

#### L METODOLOGÍA:

Ref.	Sede	Parámetro	Método de Referencia	Descripción
1261	LME	Aceitas y Grasas	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 22nd Ed. 2012	Oil and Grease, Liquid, Partition - Gravimetric Method
8100	LME	Aniones por Cromatografía Iónica	EPA METHOD 300.1 Rev.1, 1997 (validado)	Determination of Inorganic Anions in Drilling Water by ion chromatography
11597	LME	Cianuro Wad (Skalar)	ASTM D6888-09 (Validado), 2009	Standard Test Method for Available Cyanide with Ligand Displacement Flow Injection Analysis (FIA) Utilizing Gas Diffusion Separation and Amperometric Detection
12146	LME	Coliformes Termotolerantes	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 922 E-1, 22nd Ed. 2012	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Fecal Coliform Test (Ec Medium)
12336	LME	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. 2012	Chemical Oxygen Demand (COD): Closed Reflux, Colorimetric Method
11593	LME	Fenoles (Skalar)	ISO 14402 (Validado), 1st Ed. 1999	Water quality - Determination of phenol Index by Flow analysis (FIA and CFA)
10818	LME	Fósforo todas las formas (Fósforo Total)	EPA METHOD 365.3, 1983	Phosphorous, all forms (Colorimetric Ascorbic Acid, Two Reagent)
11420	LME	Metales Totales por ICP-MS	EPA 6020A, rev. 1 February 2007	Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry
11636	LME	Nitrógeno Total (Skalar)	ISO 29441 (Validado), 1st. Ed. 2010	Water quality - Determination of total nitrogen after UV digestion - Method using Flow analysis (CFA and FIA) and spectrometric detection)

Lima, 20 de diciembre del 2021

  
Quim. Belbeth Y. Fajardo León  
C.Q.P. N° 648  
Anexor Técnico Químico

EXPERTS  
WORKING  
FOR YOU

Página 1 de 2

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 3565 Urb. Chacra Rios Norte - Lima \*Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Mto de Turner N° 2079 - Lima  
\*Central Telefónica (511) 425-6885 \*Web:www.sagperu.com \*Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Cc: 1-FI\_02/Version: CS/F.E:12/2021

Nota: Datos obtenidos del análisis de Laboratorio  
Fuente: Servicios Analíticos Generales S.A.C. (2021).



**INFORME DE ENSAYO N° 124702 - 2021 CON VALOR OFICIAL**

RAZÓN SOCIAL : TACURI GAMBOA AMILCAR  
DOMICILIO LEGAL : ASOC. SAN FELIPE SEC.2 AYACUCHO-AYACUCHO-AYACUCHO  
SOLICITADO POR : TACURI GAMBOA AMILCAR  
REFERENCIA : RESERVADO POR EL CLIENTE  
PROCEDENCIA : PASCO  
RESPONSABLE ANÁLISIS : QUÍM. BELBETH Y. FAJARDO LEÓN  
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS : 2021-12-03  
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS : 2021-12-03  
MUESTREADO POR : EL CLIENTE

**II. RESULTADOS:**

Producto declarado	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial		
Matriz analizado	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural		
Fecha de muestreo	2021-12-03	2021-12-03	2021-12-03	2021-12-03		
Hora de inicio de muestreo (h)	17:30	18:45	16:00	20:15		
Condiciones de la muestra	Refrigerada	Refrigerada	Refrigerada	Refrigerada		
Código del cliente	E1 (Laguna Animón)	E2 (Laguna Animón)	E3 (Laguna Animón)	E4 (Laguna Animón)		
Código del Laboratorio	1809104	1809105	1809106	1809107		
Ensayo	L.D.M	Unidades	Resultados			
<b>Parámetros Físicos - Químicos</b>						
Aceites y Grasas (MEH)	0.1	mg/L	0.901	0.100	0.950	0.120
Cianuro libre	0.001	mg/L	< 0.020	< 0.020	< 0.020	< 0.020
Demanda bioquímica de Oxígeno	0.1	mg/L	< 5	< 5	< 5	< 5
Fenoles	0.001	mg/L	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Nitratos (NO <sub>3</sub> -)	0.001	mg/L	0.085	0.11	0.065	0.102
Sólidos suspendidos totales	1.30	mg/L	32.95	30.80	28.20	30.09
Sulfuros	0.0001	mg/L	0.002	0.003	0.002	0.005
<b>Metales y Metaloides</b>						
Antimonio (Sb)	0.0001	mg/L	0.0216	0.0170	0.0156	0.0187
Arsénico (As)	0.0002	mg/L	0.0098	0.0079	0.0101	0.0088
Bario (Ba)	0.0003	mg/L	0.0101	0.0095	0.0111	0.0106
Cadmio (Cd)	0.0001	mg/L	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002
Cobre (Cu)	0.0001	mg/L	0.0007	0.0012	0.0009	0.0011
Cromo (Cr)	0.0002	mg/L	< 0.0005	0.0005	0.005	< 0.0005
Mercurio (Hg)	0.0001	mg/L	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
Níquel (Ni)	0.0004	mg/L	0.0016	0.0009	0.0012	0.0018
Plomo (Pb)	0.0001	mg/L	0.0048	0.0037	0.0041	0.0036
Selenio (Se)	0.0001	mg/L	0.0011	< 0.0002	0.0008	0.0010
Talio (Tl)	0.0002	mg/L	0.0005	< 0.0003	0.0008	< 0.0003
Zinc (Zn)	0.0001	mg/L	0.0112	0.0101	0.0098	0.0110
<b>Microbiológicos</b>						
Coliformos Termotolerantes (44.5 °C)	1.00	NMP/100 ml	204.0	186.0	187.0	201.0

L.M.D.: Límite de detección del método

Quím. Belbeth Y. Fajardo León  
C.Q.P. N° 648  
Asesor Técnico Químico

Lima, 20 de diciembre del 2021

EXPERTS  
WORKING  
FOR YOU  
Página 2 de 2

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima \* Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Mto de Turner N° 2079 - Lima

\*Central Telefónica (511) 425-6885 \*Web:www.sagperu.com \*Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Cc: 1-F1 02/Version: CS/F.E: 12/2021

Nota: Datos obtenidos del análisis de Laboratorio  
Fuente: Servicios Analíticos Generales S.A.C. (2021).

## Anexo 5. Registro Fotográfico



**Foto 1.** Análisis de Muestra de Agua en el Laboratorio Servicios Analíticos Generales S.A.C.



**Foto 2.** Personal Encargado para el Análisis Físico- Químico y Microbiológico en la Calidad de Agua.

**UNSCH**ESCUELA DE  
POSGRADO

## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD 030-2023-UNSCH-EPG/EGAP

El que suscribe; responsable verificador de originalidad de trabajo de tesis de Posgrado en segunda instancia para la **Escuela de Posgrado - UNSCH**; en cumplimiento a la Resolución Directoral N° 198-2021-UNSCH-EPG/D, Reglamento de Originalidad de trabajos de Investigación de la UNSCH, otorga lo siguiente:

### **CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD**

<b>AUTOR:</b>	Bach AMILCAR TACURI GAMBOA
<b>MAESTRÍA:</b>	CIENCIAS DE LA INGENIERIA
<b>MENCIÓN:</b>	GERENCIA DE PROYECTOS Y MEDIO AMBIENTE
<b>TÍTULO DE TESIS:</b>	EFFECTO DEL EFLUENTE LÍQUIDO DE MINA Y LA CALIDAD DEL AGUA DE LA LAGUNA ANIMÓN, DISTRITO DE HUAYLLAY, PROVINCIA DE PASCO, REGIÓN PASCO, 2022
<b>EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD:</b>	11% de similitud
<b>N° DE TRABAJO:</b>	2008755622
<b>FECHA:</b>	07-feb.-2023

Por tanto, según los artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, es procedente otorgar la constancia de originalidad con depósito.

Se expide la presente constancia, a solicitud del interesado para los fines que crea conveniente.

Ayacucho, 07 de febrero del 2023.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN  
CRISTÓBAL DE HUAMANGA  
ESCUELA DE POSGRADO  
Ing. Edith Geovana Asto Peña  
Responsable Área Académica

# EFECTO DEL EFLUENTE LÍQUIDO DE MINA Y LA CALIDAD DEL AGUA DE LA LAGUNA ANIMÓN, DISTRITO DE HUAYLLAY, PROVINCIA DE PASCO, REGIÓN PASCO, 2022

*por Amilcar Tacuri Gamboa*

---

**Fecha de entrega:** 07-feb-2023 03:25p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2008755622

**Nombre del archivo:** Tesis\_Posgrado\_UNSCH\_AMILCAR.docx (6.73M)

**Total de palabras:** 21653

**Total de caracteres:** 118255

# EFECTO DEL EFLUENTE LÍQUIDO DE MINA Y LA CALIDAD DEL AGUA DE LA LAGUNA ANIMÓN, DISTRITO DE HUAYLLAY, PROVINCIA DE PASCO, REGIÓN PASCO, 2022

INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>11</b> %	<b>12</b> %	<b>2</b> %	<b>7</b> %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<b>2</b> %
<b>2</b>	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>3</b>	hdl.handle.net Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>4</b>	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>5</b>	repositorio.ana.gob.pe Fuente de Internet	<b>&lt;1</b> %
<b>6</b>	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<b>&lt;1</b> %
<b>7</b>	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<b>&lt;1</b> %
<b>8</b>	www.cepis.org.pe Fuente de Internet	<b>&lt;1</b> %

9	issuu.com Fuente de Internet	<1 %
10	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
11	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	repositorio.upagu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	doku.pub Fuente de Internet	<1 %
15	Submitted to Organismo de Evaluación y Fiscalización Trabajo del estudiante	<1 %
16	repositorio.ucp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	search.scielo.org Fuente de Internet	<1 %
18	repositorio.upsc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	repository.udistrital.edu.co Fuente de Internet	<1 %

20	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	<1 %
21	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
22	Erik Yoel Carreto-Morales, Jazmin Alaide López-Díaz, Mariana Martínez-Castrejón, Oscar Talavera-Mendoza et al. "Sewage sludge from Taxco de Alarcón wastewater treatment plant as substrate to cultivate Panicum maximum", Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 2021 Publicación	<1 %
23	www.fibao.es Fuente de Internet	<1 %
24	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	<1 %
25	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
26	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1 %
27	tesis.pucp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
28	cybertesis.uni.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

29 distancia.udh.edu.pe <1 %  
Fuente de Internet

---

30 repositorio.undac.edu.pe <1 %  
Fuente de Internet

---

31 Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru <1 %  
Trabajo del estudiante

---

32 repositorio.unc.edu.pe <1 %  
Fuente de Internet

---

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo