

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
ESCUELA DE POSGRADO



T E S I S

Efecto de la dosificación de Hidróxido de Calcio y floculante en la conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos y pH de efluentes de la bocamina 8766 en la ex U.M. San Antonio de Esquilache, Puno – 2023

Para optar el grado académico de Maestro en:

Gestión del Sistema Ambiental

Autor:

Bach. Hugo Alberto QUISPE QUISPE

Asesor:

Mg. Edgar Walter PÉREZ JUZCAMAYTA

Cerro de Pasco – Perú – 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
ESCUELA DE POSGRADO



T E S I S

Efecto de la dosificación de Hidróxido de Calcio y floculante en la conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos y pH de efluentes de la bocamina 8766 en la ex U.M. San Antonio de Esquilache, Puno – 2023

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Luis Alberto PACHECO PEÑA
PRESIDENTE

Dr. Eleuterio Andrés ZA VALETA SÁNCHEZ
MIEMBRO

Mg. José Luis SOSA SÁNCHEZ
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión
Escuela de Posgrado
Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 083-2024- DI-EPG-UNDAC

La Unidad de Investigación de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, ha realizado el análisis con exclusiones en el Software Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Presentado por:

Hugo Alberto QUISPE QUISPE

Escuela de Posgrado:

MAESTRÍA EN GESTIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL

Tipo de trabajo:

TESIS

TÍTULO DEL TRABAJO:

“EFECTO DE LA DOSIFICACIÓN DE HIDRÓXIDO DE CALCIO Y FLOCULANTE EN LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA, SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS Y PH DE EFLUENTES DE LA BOCAMINA 8766 EN LA EX U.M. SAN ANTONIO DE ESQUILACHE, PUNO - 2023”

ASESOR (A): Mg. Walter PÉREZ JUZCAMAYTA

Índice de Similitud:

18%

Calificativo

APROBADO

Se adjunta al presente el informe y el reporte de evaluación del software similitud.

Cerro de Pasco, 20 de mayo del 2024



Firmado digitalmente por:
BALDEON DIEGO Jheysen
Luis FAU 20154805046 soft
Motivo: Soy el autor del
documento
Fecha: 22/05/2024 21:50:24-0500

DOCUMENTO FIRMADO DIGITALMENTE
Dr. Jheysen Luis BALDEON DIEGO
DIRECTOR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a todas las generaciones futuras que merecen un medio ambiente limpio y sostenible. Que este estudio contribuya, aunque sea en una pequeña medida, a la preservación y protección de nuestros recursos naturales para las generaciones venideras.

AGRADECIMIENTO

Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento, a todas las personas e instituciones que han desempeñado un papel fundamental en la realización de esta investigación, que representa el resultado de mi trabajo como ingeniero metalurgista en el marco de la Maestría en Sistema de Gestión del Sistema Ambiental.

En primer lugar, agradezco a mi asesor de tesis, Walter Pérez Juzcamayta, por su orientación experta y dedicación a lo largo de todo el proceso, por su apoyo y asesoramiento, que contribuyeron significativamente a la calidad y relevancia de este trabajo de investigación.

Mi reconocimiento se extiende a mis colegas y compañeros de estudio, quienes compartieron sus conocimientos y experiencias, enriqueciendo así mi perspectiva como ingeniero inmerso en el campo de la gestión ambiental.

Un agradecimiento especial a todas las personas involucradas en la investigación de campo y en los procesos de laboratorio, cuya colaboración permitió la obtención de datos precisos y relevantes para este estudio.

Quiero expresar mi gratitud a la ex Unidad Minera San Antonio de Esquilache en Puno por permitir el acceso y facilitar la recolección de datos en la bocamina 8766. Su cooperación fue fundamental para llevar a cabo este proyecto.

Finalmente, agradezco a mi familia y amigos por su apoyo constante y alentador durante este desafiante pero gratificante proceso de investigación y aprendizaje.

A todos ustedes, ¡muchas gracias!

RESUMEN

El trabajo de investigación **“Efecto de la dosificación de Hidróxido de Calcio y floculante en la Conductividad Eléctrica, Sólidos Totales Disueltos y pH de efluentes de la bocamina 8766 en la Ex U.M. San Antonio de Esquilache, Puno - 2023”** se centra en abordar la problemática de la contaminación del agua del río San Antonio, originada por los efluentes de la bocamina 8766 en la ex Unidad Minera San Antonio de Esquilache. Este problema se atribuye a la presencia de metales como Arsénico, Cobre, Plomo, Zinc, Cromo IV y Hierro disuelto, los cuales superan los límites máximos permisibles establecidos por regulaciones ambientales. Para contrarrestar esta contaminación, se implementó el uso de Hidróxido de Calcio como agente de neutralización en el tratamiento de los efluentes.

Los resultados obtenidos del tratamiento fueron satisfactorios, logrando una reducción significativa en la conductividad eléctrica, los sólidos totales en suspensión y los metales disueltos presentes en el efluente. Asimismo, se observó un aumento en el pH del agua tratada, lo que indica una mejora en su calidad. La concentración óptima de Hidróxido de Calcio y floculante se determinó en un 8% y 200 ppm respectivamente, lo que permitió maximizar la eficacia del tratamiento.

Los análisis de laboratorio realizados corroboraron los resultados obtenidos en campo, demostrando que las concentraciones de contaminantes como Cromo VI, Aceites y Grasas, Arsénico, Cadmio, Cianuro, Zinc, Plomo, Cobre y Hierro disuelto, disminuyeron a concentraciones dentro de los límites permitidos por la normativa ambiental vigente.

Se demostró la eficacia del tratamiento implementado para mitigar el impacto ambiental generado por los pasivos ambientales mineros en la zona de estudio. Al reducir

los niveles de contaminación en los efluentes mineros, se contribuye a preservar la calidad del agua del río San Antonio.

Palabras clave: Dosificación de hidróxido de Calcio, floculante y conductividad eléctrica, pH en los efluentes de boca de mina.

ABSTRACT

The research work "Effect of the dosage of Calcium Hydroxide and flocculant on the Electrical Conductivity, Total Dissolved Solids and pH of effluents from the bocamina 8766 in the EX U.M. San Antonio de Esquilache, Puno - 2023" focuses on addressing the issue of water pollution in the San Antonio River, caused by effluents from the bocamina 8766 in the former San Antonio de Esquilache Mining Unit. This problem is attributed to the presence of metals such as Arsenic, Copper, Lead, Zinc, Chromium IV, and dissolved Iron, which exceed the maximum permissible limits established by environmental regulations. To counteract this pollution, the use of Calcium Hydroxide was implemented as a neutralizing agent in the treatment of the effluents.

The results obtained from the treatment were satisfactory, achieving a significant reduction in electrical conductivity, total suspended solids, and dissolved metals present in the effluent. Additionally, an increase in the pH of the treated water was observed, indicating an improvement in its quality. The optimal concentration of Calcium Hydroxide and flocculant was determined to be 8% and 200 ppm respectively, which allowed maximizing the effectiveness of the treatment.

Laboratory analyses corroborated the results obtained in the field, demonstrating that concentrations of contaminants such as Chromium VI, Oils and Greases, Arsenic, Cadmium, Cyanide, Zinc, Lead, Copper, and dissolved Iron decreased to levels within the limits permitted by current environmental regulations.

The effectiveness of the treatment implemented to mitigate the environmental impact generated by mining environmental liabilities in the study area was demonstrated. By reducing pollution levels in mining effluents, it contributes to preserving the quality of the water in the San Antonio River.

Keywords: Calcium hydroxide dosage, flocculant and electrical conductivity, pH
in mine tailings effluents.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación se basa en evaluar el comportamiento del efluente de la bocamina 8766 en la ex Unidad Minera San Antonio de Esquilache, con el fin de mitigar la contaminación del agua del río San Antonio.

El tratamiento de drenajes ácidos de mina es crucial debido a la contaminación generada por la actividad minera. Métodos pasivos, como la neutralización-precipitación, han demostrado eficacia en la neutralización de la acidez y la eliminación de metales, según (López Pamo, E., Aduvirre, O. y Barrettino, D., 2002) y (Zamora Echenique, 2022). Sin embargo, la aplicación de estas técnicas enfrenta desafíos, como el uso de reactivos y costos de mantenimiento, para cumplir con regulaciones ambientales más estrictas. En Perú, la minería contribuye significativamente a la economía, pero ha dejado pasivos ambientales mineros (PAMs) sin remediar, estimados en 8,794 (Chappuis, 2019). El drenaje ácido de mina (AMD) es un problema común en áreas mineras, generando lixiviados altamente contaminantes (Moreno, 2017). Se han propuesto soluciones físico-químicas, como la neutralización-precipitación, para tratar aguas ácidas provenientes de socavones (Panduro, 2019). La caracterización de efluentes mineros es crucial para seleccionar la mejor alternativa de tratamiento y reducir costos innecesarios (Montesinos, 2017). A pesar de los desafíos ambientales, la minería sigue siendo fundamental para el desarrollo del país, con importantes contribuciones a las exportaciones y el PIB, pero requiere un enfoque sostenible y coordinado entre los sectores público, privado y educativo para maximizar sus beneficios y minimizar sus impactos negativos.

La Ex Unidad Minera San Antonio de Esquilache, en Puno, ha tenido una historia rica en explotación minera desde la época colonial, destacándose por la extracción de minerales de plomo y plata. A lo largo de los años, pasó por manos de diferentes empresas, desde españolas hasta estadounidenses, experimentando periodos de

productividad y declive económico. En la actualidad, Vena Resources Inc. posee el depósito polimetálico Esquilache. Sin embargo, la actividad minera ha dejado pasivos ambientales significativos, como los drenajes ácidos de mina, que afectan al río San Antonio y la calidad del agua en la región.

Ello me llevo a plantear el siguiente problema: ¿De qué manera influye la dosificación de Hidróxido de Calcio y Floculante en la conductividad eléctrica, Solidos Totales Disueltos y pH de efluentes de la bocamina 8766 de la Ex U.M. San Antonio de Esquilache?, teniendo como objetivo evaluar el uso de diferentes dosificaciones de Hidróxido de Calcio y floculante que influye en la Conductividad Eléctrica, Solidos Totales Disueltos y pH del efluente de la bocamina 8766 de la Ex U.M. San Antonio de Esquilache – 2023.

La investigación tiene como objetivo principal realizar el tratamiento del efluente proveniente de la bocamina 8766 de la Ex Unidad Minera San Antonio de Esquilache utilizando una solución de hidróxido de calcio y floculante. El propósito es ajustar el pH del efluente de acuerdo con lo establecido en el Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM. Este enfoque tiene como finalidad mitigar los impactos ambientales adversos causados por los efluentes ácidos de la actividad minera en la región. La investigación contribuirá a encontrar soluciones prácticas y efectivas para mejorar la calidad del agua y minimizar el impacto negativo en el medio ambiente, cumpliendo con las regulaciones ambientales vigentes.

Para lograr este objetivo, se llevaron a cabo diversas pruebas que comprendieron la descripción del trabajo de campo, la ubicación de los puntos de monitoreo, la recolección de datos y su posterior análisis e interpretación.

La presente tesis estudia: **“Efecto de la dosificación de Hidróxido de Calcio y floculante en la Conductividad Eléctrica, Sólidos Totales Disueltos y pH de efluentes**

de la bocamina 8766 en la Ex U.M. San Antonio de Esquilache, Puno - 2023”; cuya estructura se detalla:

CAPITULO I: Identificación y determinación del Problema, Delimitación del problema, Formulación del problema, Formulación de objetivos, Justificación y Limitaciones de la Investigación.

CAPITULO II: Antecedentes del Estudio, Bases Teóricas Científicas, Definición de Términos Básicos, Formulación de Hipótesis, Identificación de variables y definición operacional de variables e indicadores.

CAPITULO III: Tipo de Investigación, Métodos de Investigación, Diseño de Investigación Población y Muestra, Técnicas de Instrumentos de Recolección de Datos, Técnicas de procesamiento y análisis de datos, Tratamiento estadístico, Orientación ética.

CAPITULO IV: Descripción del trabajo de campo, Presentación análisis e interpretación de los Resultados, Prueba de Hipótesis, Discusión de resultados.

Finalmente, las Conclusiones, Recomendaciones, Bibliografía y Anexos.

ÍNDICE

Página.

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE GRÁFICAS

INDICE DE FOTOGRAFÍAS

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema.....	1
1.2.	Delimitación de la investigación.....	3
1.3.	Formulación del problema.....	4
	1.3.1. Problema general.....	4
	1.3.2. Problemas específicos.....	4
1.4.	Formulación de objetivos.....	4
	1.4.1. Objetivo general.....	5
	1.4.2. Objetivos específicos.....	5
1.5.	Justificación de la investigación.....	5
1.6.	Limitaciones de la investigación.....	6

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio.....	7
2.2.	Bases teóricas - científicas.....	10
2.3.	Definición de términos básicos.....	19
2.4.	Formulación de Hipótesis.....	26
	2.4.1. Hipótesis General.....	26
	2.4.2. Hipótesis Específicas.....	26
2.5.	Identificación de Variables.....	26

2.5.1. Variables independientes.....	26
2.5.2. Variables dependientes.....	27
2.6. Definición Operacional de variables e indicadores.....	27

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación.	28
3.2. Nivel de Investigación.....	28
3.3. Métodos de investigación.....	28
3.4. Diseño de investigación.....	28
3.5. Población y muestra	29
3.6. Técnicas e instrumento recolección de datos	29
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	29
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	29
3.9. Tratamiento Estadístico.....	29
3.10. Orientación ética filosófica y epistémica	29

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo	31
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	36
4.3. Prueba de Hipótesis	49
4.4. Discusión de resultados	51

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

	Página.
Tabla 1. Accesibilidad a la Ex Unidad Minera – Ruta 1	31
Tabla 2. Accesibilidad a la Ex Unidad Minera – Ruta 2	32
Tabla 3. Coordenadas referenciales de la bocamina 8766 en la ex unidad minera San Antonio de Esquilache.....	32
Tabla 4. Ubicación de puntos de monitoreo	33
Tabla 5. Preparación de soluciones de hidróxidos de Calcio	34

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Ubicación del distrito de San Antonio	32
Figura 2. Ubicación de los PAM's "San Antonio de Esquilache"	33
Figura 3. Ubicación del punto de toma de muestra	34
Figura 4. Control de parámetros – Multiparámetro Hanna	35
Figura 5. Control de parámetros – Multiparámetro Hanna	35
Figura 6. Recolección de muestras.....	36

ÍNDICE DE GRÁFICAS

	Página.
Gráfica 1. Resultados del parámetro de calidad – pH	37
Gráfica 2. Resultados del parámetro de calidad – conductividad eléctrica.....	38
Gráfica 3. Resultados del parámetro de calidad – TDS.....	39
Gráfica 4. Resultados del parámetro de calidad – Cromo VI.....	40
Gráfica 5. Resultados del parámetro de calidad – Aceites y Grasas	41
Gráfica 6. Resultados del parámetro de calidad – Arsénico total.....	42
Gráfica 7. Resultados del parámetro de calidad – Cadmio total	43
Gráfica 8. Resultados del parámetro de calidad – Mercurio total	44
Gráfica 9. Resultados del parámetro de calidad – Cianuro total	45
Gráfica 10. Resultados del parámetro de calidad – Cinc total	46
Gráfica 11. Resultados del parámetro de calidad – Plomo total.....	47
Gráfica 12. Resultados del parámetro de calidad – Cobre total	48
Gráfica 13. Resultados del parámetro de calidad – Hierro disuelto.....	49

INDICE DE FOTOGRAFÍAS

Página.

- Fotografía 1. Lectura de pH del efluente tratado de la bocamina 8766 en el día 27/09/2023 con una concentración de hidróxido de Calcio al 5%.
- Fotografía 2. Lectura de pH del efluente tratado de la bocamina 8766 en el día 24/09/2023 con una concentración de hidróxido de Calcio al 8%.
- Fotografía 3. Efluente de mina, bocamina 8766
- Fotografía 4. Bocamina 8766 en la ex U.M. San Antonio de Esquilache

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

La Ex Unidad Minera San Antonio de Esquilache, se desarrolló en el distrito de San Antonio, este yacimiento fue descubierto y explotado desde principios de la colonia (1620) donde los minerales de plomo y plata, como la argentita fueron las más explotadas y procesadas en antiguas fundiciones.

El centro minero de San Antonio de Esquilache experimento un largo estancamiento productivo y, consecuentemente, su decadencia económica durante el siglo XVIII. En 1924 la Southern Peruvian Mines Ltd. (E.E.U.U.), adquiere las minas de San Antonio de Esquilache Co. Ltd. las que estaban ubicadas en el Departamento de Puno. Los españoles trabajaron las vetas ubicadas en los cerros: crestón, azufradas, mesa de plata y Sepúlveda. El Sindicato Williams adquirió la propiedad a partir del año 1929 hasta 1949 realiza labores de explotación y exploración en base a los trabajos de los españoles, colocando

una pequeña planta de flotación de plomo y zinc. Subsecuentemente fue adquirida por Hochschild el cual operó la mina desde 1950 a 1963. Los mineros informales trabajaron la mina desde mediados del 1970, cuando se cerró la mina debido a los bajos precios de plata y ha quedado inactiva desde esa época.

En el año 2012 Vena Resources Inc. adquirió el 100% del depósito polimetálico Esquilache (www.minerandina.com/vena-alista-nueva-mina-esquilache/).

La actividad minera, como la llevada a cabo en la ex Unidad Minera San Antonio de Esquilache en Puno, conlleva la generación de pasivos ambientales que pueden tener efectos significativos impactos ambientales adversos. En este contexto, En el año 2017 se aprueba el plan de cierre de los 170 componentes se realizará en dos etapas, en la primera etapa se ejecutará el cierre de 167 componentes y trabajos preliminares de habilitación en las bocaminas de ID 8740, 8746 y 8766, esto es debido a que estas bocaminas presentan un flujo representativo de agua, las obras de cierre para la segunda etapa estarán relacionada al sistema de tratamiento de efluentes de las bocaminas 8740, 8746 y 8766.

ID 8740: Caudal 6.20 l/s; pH = 5.68; CE= 1203 uS/cm. Ubicada en la margen derecha de la quebrada Mercedes, en las coordenadas: 8217228N, 362474E, Zona 19 a una altitud de 4543 msnm.

ID 8766: Caudal 18.50 l/s; pH = 6.42; CE= 2,116 uS/cm. Ubicada 30 metros de la quebrada San Antonio, en las coordenadas: 8217193N, 362758E, Zona 19 a una altitud de 4582 msnm.

ID 8746: Caudal 5.30 l/s; pH = 3.37; CE= 1,540 uS/cm. Ubicada en la margen izquierda de la quebrada Caballune, en las coordenadas: 8217544N, 363593E, Zona 19 a una altura de 4625 msnm.

El río San Antonio, el principal curso de agua en el área y para la población de Juncal, presenta concentraciones de Fe, Mn y Zn, ello debido a la influencia de los drenajes de las bocaminas 8740, 8766 y 8746, los cuales presentan agua acida y concentraciones elevadas de metales pesados (Cd, Co, Fe, Mn, Pb, Se y Zn). Por el caudal de la bocamina 8766 genera mayor impacto en el río San Antonio, en ese sentido el presente proyecto de investigación mitigara los impactos presentes.

De acuerdo al Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM referente a los límites máximos permisibles de las actividades minero metalúrgicas menciona que el pH del efluente debe tener entre 6 y 9. Por otro lado, de acuerdo a los estándares de calidad ambiental el río San Antonio está considerado como categoría 3 de riego de vegetales y bebida de animales y dentro de los parámetros físico químicos para un ECA de agua de categoría 3 menciona que su conductividad debe ser menor a 2,000 μ S/cm, de acuerdo al Decreto Supremo N° 004-2014-MINAM.

En la presente investigación busca realizar el tratamiento del efluente de la bocamina 8766 que cumpla con el pH de acuerdo al Decreto Supremo 010-2010-MINAM y la conductividad de acuerdo al Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM además de su relación con los sólidos totales disueltos en una dosificación adecuada de soluciones de hidróxido de calcio y floculante.

1.2. Delimitación de la investigación

La presente investigación se realizará en el año 2023 en la Planta de Tratamiento artesanal de efluentes bocamina 8766 de la Ex U.M. San Antonio de Esquilache - 2023.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿De qué manera influye la dosificación de Hidróxido de Calcio y Floculante en la conductividad eléctrica, Solidos Totales Disueltos y pH de efluentes de la bocamina 8766 de la Ex U.M. San Antonio de Esquilache?

1.3.2. Problemas específicos

¿Cuál será la mejor dosificación de hidróxido de calcio y floculante para obtener una menor Conductividad Eléctrica en el efluente de la bocamina 8766 de la Ex U.M. San Antonio de Esquilache?

¿Cuál será la mejor dosificación de hidróxido de calcio y floculante para obtener una menor concentración Solidos Totales Disueltos en el efluente de la bocamina 8766 de la Ex U.M. San Antonio de Esquilache?

¿Cuál será la mejor dosificación de hidróxido de calcio y floculante para obtener una concentración de iones hidronio (pH) en el efluente de la bocamina 8766 de la Ex U.M. San Antonio de Esquilache y que cumpla con el Decreto Supremo N° 010 – 2010 -MINAM?

¿Será optima la dosificación de hidróxido de calcio y floculante para cumplir con los parámetros Cromo VI, Aceites y Grasas, As total, Cd total, Hg total, Cianuro total, Zn total, Pb total, Cu total y Fe disuelto del Decreto Supremo N° 010 – 2010 –MINAM en el efluente de la bocamina 8766 de la Ex U.M. San Antonio de Esquilache?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar el uso de diferentes dosificaciones de Hidróxido de Calcio y floculante que influye en la Conductividad Eléctrica, Solidos Totales Disueltos y pH del efluente de la bocamina 8766 de la Ex U.M. San Antonio de Esquilache – 2023.

1.4.2. Objetivos específicos

Determinar la mejor dosificación de hidróxido de calcio y floculante para obtener una menor Conductividad Eléctrica en el efluente de la bocamina 8766 de la Ex U.M. San Antonio de Esquilache.

Determinar la mejor dosificación de hidróxido de calcio y floculante para obtener una menor concentración de Solidos Totales Disueltos en el efluente de la bocamina 8766 de la Ex U.M. San Antonio de Esquilache.

Determinar la mejor dosificación de hidróxido de calcio y floculante para obtener una concentración de iones hidronio (pH) en el efluente de la bocamina 8766 y que cumpla con el Decreto Supremo N° 010 – 2010 -MINAM.

Determinar la mejor dosificación de hidróxido de calcio y floculante nos permitirá cumplir con los parámetros Cromo VI, Aceites y Grasas, As total, Cd total, Hg total, Cianuro total, Zn total, Pb total, Cu total y Fe disuelto del Decreto Supremo N° 010 – 2010 –MINAM en el efluente de la bocamina 8766 de la Ex U.M. San Antonio de Esquilache.

1.5. Justificación de la investigación

La presente investigación busca realizar el tratamiento del efluente de la bocamina 8766 de la Ex U.M. San Antonio de Esquilache con solución de hidróxido de calcio y floculante para lograr obtener un afluente con un pH de acuerdo con el Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM, así como la

conductividad eléctrica de acuerdo de agua de categoría 3 de acuerdo al Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Por otro lado, con la presente investigación nos permitirá encontrar el consumo adecuado de insumos como el floculante e Hidróxido de Calcio.

1.6. Limitaciones de la investigación

En la ex Unidad Minera de San Antonio de Esquilache en la región Puno existen dificultades de técnicas; en el sentido que, no existe la infraestructura adecuada para el tratamiento de efluentes mediante el proceso de neutralización-precipitación; por lo que, los análisis fueron realizados en el Laboratorio ALAB.

Existen, además, limitaciones económicas, debido a que el tratamiento de efluentes mediante este método resulta siendo costoso, puesto que requiere un alto consumo de energía eléctrica e insumos (Hidróxido de Calcio y floculante), los cuales no existen en la zona de influencia.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio.

(López Pamo, E., Aduvirre, O. y Barrettino, D., 2002) Tratamientos pasivos de drenajes ácidos de mina: estado actual y perspectivas de futuro, afirma que los métodos de tratamiento pasivo han alcanzado buenos rendimientos en la neutralización de la acidez y en la eliminación de metales de los drenajes ácidos de mina.

Teniendo en cuenta las grandes extensiones superficiales de terrenos mineros abandonados donde se desarrollaron en el pasado actividades extractivas de recursos minerales metálicos y de carbón, que presentan problemas de calidad de aguas y suelos debido a la existencia de drenajes ácidos de mina (siendo el principal exponente en España la explotación de la Faja Pirítica y sus consecuencias en las cuencas de los ríos Tinto y Odiel), el futuro de los sistemas pasivos para el tratamiento de aguas ácidas se presenta prometedor.

(Zamora Echenique, 2022), Formación, prevención e innovación en el tratamiento de drenajes ácidos en operaciones mineras, Menciona que muchos métodos de tratamiento han sido propuestos; entre ellos, el de mayor aplicación industrial, la neutralización-precipitación; además de, la adsorción, el intercambio de iones, la tecnología de membranas, el tratamiento con bacterias sulfato-reductoras y la electrólisis. La problemática en la aplicación de las técnicas mencionadas, es que requieren de acciones que perduran en el tiempo y requieren del uso de reactivos, medios de atenuación y/o energía, además de costos de mano de obra, y/o controles permanentes; para así, generar descargas del efluente tratado cumpliendo las normativas ambientales cada vez más rígidas.

(Chappuis, 2019) Remediación y activación de pasivos ambientales mineros (PAM) en el Perú, Es indudable el aporte de la minera a la economía del Perú y su gran potencial mineralógico que lo ubican dentro de los principales productores a nivel mundial de múltiples metales. Sin embargo, también se aprecian sitios abandonados o huérfanos, en dónde no se llevaron a cabo labores de rehabilitación inmediata y propiciaron la aparición de Pasivos Ambientales Mineros (PAMs), los que en la actualidad se estiman en 8.794.

(Moreno, 2017), Tratamiento de drenaje ácido de mina, El Drenaje Ácido de Mina (AMD, por sus siglas en inglés) es el resultado de la oxidación de sulfuros metálicos, en presencia de oxígeno atmosférico y agua como lo indica la Red Internacional de Prevención de Ácidos (INAP, por sus siglas en inglés); además el AMD da origen a lixiviados ácidos altamente contaminantes con acidez y altas concentraciones de Fe, Cu, Zn, Pb, Cd, Mn, As, etc.

(Panduro, 2019) Estudio del tratamiento de aguas ácidas provenientes de los niveles (socavones), La fuerte e intensa actividad minera que se lleva a cabo

en la parte sur del Perú durante los últimos años ha producido enormes problemas de contaminación ambiental. Siendo uno de los problemas más importantes ocasionados es la acidificación de las aguas, constituyendo el denominado drenaje ácido de minas (DAM), con la consecuente disolución de metales pesados que se encuentran al estado iónico. Mediante el presente estudio se desarrolla una propuesta para el tratamiento físico-químico mediante la neutralización-precipitación después de los diversos procesos industriales.

(Montesinos, 2017), en su investigación caracterización de efluentes de mina para elección la alternativa optima de tratamiento, detalla que, si un efluente posee altas concentraciones totales y bajas concentraciones disueltas, se deben de construir pozas de sedimentación previas al ingreso a la Planta de Tratamiento con el fin de decantar las fases sólidas y evitar el costo innecesario de su tratamiento.

En el caso de Perú, de acuerdo a lo publicado por el Ministerio de Energía y Minas en el Boletín Estadístico del Subsector Minero, en el 2015 las exportaciones mineras alcanzaron los US\$18,832 millones, monto que representó un 61.85% del total de las exportaciones peruanas y un aporte al PBI del 15.5%. Otra cifra importante para el país es la transferencia de recursos generados por la minería a las regionales, la cual alcanzó los S/. 2,994 millones y aunque la minería formal no es intensiva en mano de obra, en promedio se tuvieron contratados 195,705 trabajadores directos (2016: 7-17). En síntesis, es innegable que la Minería es fundamental para el desarrollo del país (no por nada está presente en 23 de sus 25 regiones), mas esta representatividad conlleva también a que todos sus actores (sector público, privado y educación) tengan el compromiso de promover el crecimiento sostenido y ordenado de la actividad.

2.2. Bases teóricas - científicas.

Caracterización de las aguas ácidas de mina

La caracterización de las aguas ácidas de mina es un paso crucial en la gestión ambiental de la actividad minera. La información obtenida durante la caracterización ayuda a comprender la composición química del agua y permite desarrollar estrategias efectivas para su tratamiento y mitigación. A continuación, se presenta una descripción general de los aspectos clave que se suelen abordar en la caracterización de aguas ácidas de mina, según (Hyman, D. & Watzlaf, G., 1995).

Parámetros para la caracterización:

Es esencial medir con precisión y representatividad el caudal del drenaje ácido de mina. Además, se deben analizar varios parámetros químicos, que incluyen:

pH in situ.

pH en laboratorio.

Alcalinidad total.

Acidez o alcalinidad neta (expresadas como CaCO_3).

Contenidos de Fe^{2+} , Fe total, Al, Mn, $\text{SO}_4^{4=}$ y conductividad.

Parámetros adicionales recomendados:

La medición de otros elementos como Ca, Mg, Na, Cl, K, Br y Zn. Estos elementos permiten realizar un correcto balance iónico, proporcionando una comprensión más completa de la composición química del drenaje ácido.

Acidez total y Alcalinidad total:

La acidez total refleja la concentración de iones de hidrógeno libres, incluyendo aquellos generados por la oxidación e hidrólisis de metales presentes en la solución (por ejemplo, Fe, Al, Mn, Zn, etc.).

La alcalinidad total, por otro lado, está representada por los iones hidróxido y bicarbonato y se mide directamente en laboratorio. La presencia de alcalinidad neta indica la capacidad residual del drenaje para neutralizar cierto volumen de ácido después de la oxidación de los metales.

Balance Iónico:

La medición de elementos adicionales, como Ca, Mg, Na, Cl, K, Br y Zn, permite realizar un balance iónico más completo. Este enfoque proporciona una visión más integral de la composición química del drenaje ácido y puede ser crucial para comprender mejor su comportamiento y sus posibles efectos ambientales.

En resumen, una caracterización detallada del drenaje ácido de mina, que incluya estos parámetros, es esencial para guiar el diseño y la implementación efectiva de los dispositivos y procesos de tratamiento. Además, permite evaluar el impacto ambiental y tomar medidas adecuadas para mitigar los efectos adversos. (López Pamo, E., Aduvirre, O. y Barrettino, D., 2002)

Fases del tratamiento químico de drenajes ácidos de mina

El tratamiento químico de drenajes ácidos de mina implica varias fases específicas para abordar la alta acidez y la presencia de metales. La información proporcionada por (Aduvire, 2006) destaca las siguientes etapas:

a) Eliminación de sólidos en suspensión por sedimentación:

Los sólidos en suspensión, causados por la erosión del agua, son una fuente común de contaminación física en las aguas.

Se retiene el agua en balsas o repasadores durante un tiempo suficiente para permitir la decantación de los sólidos.

Destino del agua clarificada:

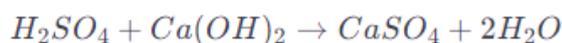
Si el agua clarificada cumple con los estándares de calidad y no está contaminada químicamente, puede verterse directamente en un cauce público o reutilizarse en operaciones mineras.

En caso contrario, si está contaminada químicamente, se requiere tratamiento adicional mediante un proceso químico.

b) Neutralización Química de Drenajes Ácidos:

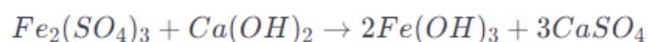
- **Proceso en tres etapas:**

Neutralización: Se neutraliza el ácido con una base, utilizando Cal Hidratada ($Ca(OH)_2$) en este caso específico.



Oxidación del Hierro Ferroso a Férrico: Se lleva a cabo tomando Oxígeno de la atmósfera mediante la agitación del agua en tanques.

Precipitación de los Hidróxidos de Hierro: Los hidróxidos se forman al reaccionar el sulfato férrico con agentes alcalinos.



- **Separación de Sólidos Insolubles:**

Se realiza en decantadores circulares o rectangulares, ayudados por la acción de floculantes.

La filtración puede emplearse como sistema complementario.

- **Agentes Alcalinos Utilizados:**

Cal rápida, cal hidratada, roca caliza, caliza en polvo, magnesita, dolomía, sosa cáustica, cenizas de sosa e hidróxido de amonio.

En la práctica, los más usados son la cal, la cal hidratada y la caliza.

- **Reducción de Metales Pesados:**

La concentración de metales pesados en el efluente puede reducirse por precipitación como hidróxidos a diferentes valores de pH.

- **Precauciones:**

Precauciones deben tomarse cuando están presentes metales anfóteros como el zinc y el aluminio que se disuelven en la solución si esta es demasiado alcalina.

Estas fases reflejan un proceso integral de tratamiento químico que aborda la acidez, la oxidación del hierro y la precipitación de metales en drenajes ácidos de mina, con un enfoque específico en el uso de cal hidratada como agente alcalino (Aduvire, 2006)

Marco Legal

- **Constitución Política del Perú 1993**

Artículo 2º, Inciso 22: Establece el derecho de toda persona a disfrutar de un ambiente equilibrado y adecuado para el desarrollo de su vida. Este artículo reconoce la importancia de un entorno saludable para el bienestar humano y consagra el derecho a vivir en un ambiente que no ponga en peligro la salud o la calidad de vida.

Artículo 67: Este artículo establece que es responsabilidad del Estado determinar la política nacional del ambiente y promover el uso sostenible de los recursos naturales. Esto implica que el Estado tiene la obligación de proteger el medio ambiente y los recursos naturales del país, así como de promover prácticas que aseguren su uso sostenible para las generaciones presentes y futuras.

Artículo 194º: Reconoce la autonomía política, económica y administrativa de las municipalidades en asuntos de su competencia. Esto significa que las municipalidades tienen la autoridad para tomar decisiones y gestionar recursos en temas que afecten directamente a su jurisdicción, incluyendo la gestión ambiental y el desarrollo sostenible de los recursos naturales.

Artículo 195º, Incisos 5 y 8: Establece las competencias de las municipalidades para organizar, reglamentar y administrar servicios públicos locales, así como para desarrollar y regular actividades y servicios en materia ambiental y de sustentabilidad de los recursos naturales. Esto significa que las municipalidades tienen la responsabilidad de gestionar los servicios públicos locales y de promover acciones que contribuyan a la protección y conservación del medio ambiente en su ámbito de actuación.

En resumen, estos artículos de la Constitución Política del Perú de 1993 establecen la importancia de la protección del medio ambiente, la promoción del desarrollo sostenible y la participación activa de las municipalidades en la gestión ambiental y la conservación de los recursos naturales a nivel local.

➤ **Ley N° 28611 - Ley General del Ambiente**

(Ley 28611, 2005) Promulgada con el objetivo de establecer los principios y normas básicas para garantizar el derecho fundamental de las personas a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el desarrollo de la vida. Aquí te presento algunos puntos importantes que abarca esta ley:

Establece los principios rectores para la gestión ambiental, como el principio de prevención, precaución, participación ciudadana, entre otros.

Define las competencias y responsabilidades de las entidades públicas y privadas en materia ambiental, incluyendo la autoridad ambiental nacional y regional.

Establece los instrumentos de gestión ambiental, como la evaluación de impacto ambiental, el manejo de residuos sólidos, el control de la contaminación atmosférica y acústica, entre otros.

Promueve la participación activa de la ciudadanía en la toma de decisiones ambientales, así como el acceso a la información ambiental.

Establece medidas para la prevención y control de la contaminación ambiental, así como para la conservación de los recursos naturales.

Establece sanciones para aquellos que infrinjan las disposiciones de la ley, con el fin de garantizar su cumplimiento y proteger el ambiente.

La Ley General del Ambiente es una pieza fundamental en el marco legal peruano para la protección y conservación del medio ambiente.

➤ **Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM. Establece los límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero-metalúrgicas**

(Decreto Supremo 010-2010-MINAM, 2010) Su objetivo principal es garantizar que las concentraciones de ciertos parámetros, como cadmio, mercurio, cromo y otros, cumplan con las disposiciones legales vigentes en el país. Además, establece que, si algún parámetro no está regulado por la resolución, el responsable debe demostrar técnicamente ante la autoridad competente que su vertimiento al cuerpo receptor no causará efectos negativos en la salud humana y el ambiente. Este enfoque busca proteger la

salud de las personas y el medio ambiente frente a posibles impactos negativos de las actividades mineras y metalúrgicas.

Decreto Supremo N° 010-2011-MINAM. Decreto Supremo que integra los plazos para la presentación de los instrumentos de gestión ambiental de las actividades minero - metalúrgicas al ECA para agua y LMP para las descargas de efluentes líquidos de actividades minero – metalúrgicas

(Decreto Supremo 010-2011-MINAM, 2011) Emitido por el Ministerio del Ambiente (MINAM), establece disposiciones complementarias, referente a los límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero-metalúrgicas. Este decreto complementario puede contener modificaciones, actualizaciones o precisiones respecto al anterior, con el fin de fortalecer la regulación ambiental en el sector minero-metalúrgico y asegurar la protección de la salud humana y el medio ambiente frente a los posibles impactos negativos de estas actividades

Asimismo, establece disposiciones específicas relacionadas con el manejo y control de los residuos sólidos generados por actividades industriales y comerciales en el país. Este decreto puede abordar temas como la clasificación de residuos, los criterios para su almacenamiento, transporte y disposición final, así como las responsabilidades de los generadores y las autoridades competentes en su gestión adecuada.

➤ **Ley N° 29338. Ley de Recursos Hídricos**

(Ley 29338, 2009) Es una legislación peruana que regula la gestión y el uso sostenible de los recursos hídricos en el país. Esta ley establece los principios, instrumentos y procedimientos para la gestión integrada y

participativa de los recursos hídricos, con el fin de garantizar su disponibilidad y calidad para las actuales y futuras generaciones.

Entre los aspectos más importantes que puede abarcar esta ley se encuentran:

Establece los derechos de uso y aprovechamiento del agua, así como los procedimientos para su otorgamiento, modificación, transferencia y extinción.

Define el rol y las responsabilidades de la Autoridad Nacional del Agua, entidad encargada de la gestión y administración de los recursos hídricos a nivel nacional.

Establece la obligatoriedad de elaborar planes de gestión de los recursos hídricos a nivel de cuenca hidrográfica, así como la participación ciudadana en su elaboración.

Establece medidas para la conservación y protección de las fuentes de agua, así como la prevención y control de la contaminación.

Establece sanciones para aquellos que incumplan con las disposiciones de la ley, con el fin de garantizar su cumplimiento.

Decreto Supremo N° 058-2006-EM. Modifican el D.S. N° 022-2005-EM, que estableció disposiciones aplicables a proyectos de remediación ambiental derivados de los PAMA y Planes de Cierre de empresas mineras de Estado

(Decreto Supremo 058-2006-EM, 2006) Este decreto se enmarca en el contexto del proceso de promoción de la inversión privada, según lo establecido en el Decreto Legislativo N° 674 y sus normas complementarias.

En particular, el artículo 3 del Decreto Supremo N° 022-2005-EM establece las circunstancias en las que el Estado asume las obligaciones de remediación ambiental, a través de la contratación de obras, bienes y servicios necesarios para llevar a cabo dicha remediación.

Se menciona específicamente que estos proyectos de PAMA, Cierre o de remediación ambiental están relacionados con la Empresa Minera del Centro del Perú S.A. - CENTROMÍN PERÚ S.A. Este decreto podría incluir disposiciones específicas sobre la ejecución y supervisión de proyectos de remediación ambiental en el contexto de la actividad minera llevada a cabo por esta empresa estatal.

➤ **Resolución Ministerial N° 224-2018-MEM/DM. Actualizan el inventario inicial de Pasivos Ambientales Mineros**

(Resolución Ministerial 224-2018-MEM/DM del Ministerio de Energía y Minas, 2018) Esta actualización se realiza en conformidad con lo indicado por la Dirección Técnica Minera de la Dirección General de Minería, según lo señalado en el Informe N° 032-2018-MEM-DGM/DTM/PAM.

El inventario de pasivos ambientales mineros es un registro de áreas afectadas por la actividad minera que presentan impactos ambientales negativos, como la contaminación del suelo, agua o aire, debido a prácticas mineras anteriores o actuales. Estos pasivos ambientales pueden representar riesgos para la salud humana y el medio ambiente si no se gestionan adecuadamente.

La actualización de este inventario es fundamental para identificar, evaluar y priorizar acciones de remediación y gestión ambiental en las zonas afectadas por la minería, con el fin de mitigar los impactos negativos y

promover una actividad minera más sostenible y responsable desde el punto de vista ambiental

➤ **Decreto Supremo 016-93-EM. Protocolo Nacional para el Monitoreo de los Recursos Hídricos Superficiales**

(Decreto Supremo 016-93-EM, 1993) Establece el Reglamento para la Protección Ambiental en la actividad Minero Metalúrgica. Este reglamento se aprueba en virtud de lo dispuesto en el Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería, específicamente en su título décimo quinto, que contiene disposiciones sobre la protección del medio ambiente para la actividad minero metalúrgica.

El propósito principal de este reglamento es establecer normas y procedimientos para proteger el medio ambiente en el contexto de la actividad minera y metalúrgica. Esto incluye disposiciones relacionadas con la prevención de la contaminación, el manejo adecuado de residuos, la restauración de áreas afectadas por la minería, entre otros aspectos relevantes para garantizar una actividad minera responsable desde el punto de vista ambiental.

2.3. Definición de términos básicos.

Aguas residuales industriales:

Aguas residuales originadas como consecuencia del desarrollo de un proceso productivo, que incluye las provenientes de la actividad minera, agrícola, pesquera, agroindustrial, entre otras. (Resolución Jefatural 010-2016-ANA (Autoridad Nacional del Agua), 2016)

Cuerpo receptor:

En este documento se refiere al cuerpo natural del agua continental o marino costero que recibe el vertimiento de aguas residuales tratadas. (Resolución Jefatural 010-2016-ANA (Autoridad Nacional del Agua), 2016)

Conductividad Eléctrica:

La conductividad eléctrica es la medida de la capacidad del agua para conducir corriente eléctrica, la cual está influenciada por la presencia de iones en el agua.

Se mide en micro Siemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Drenaje ácido de minas (DAM) o drenaje ácido de roca (DAR):

Drenaje contaminado que resulta de la oxidación de minerales sulfurados y lixiviación de metales asociados, provenientes de las rocas sulfurosas cuando son expuestas al aire y al agua. El desarrollo del DAR es un proceso dependiente del tiempo y que involucra procesos de oxidación tanto química como biológica y fenómenos físico-químicos asociados, incluyendo la precipitación y el encapsulamiento. (Ministerio de Energía y Minas, 1995)

Equipo multiparamétrico:

Instrumento que mide simultáneamente varios parámetros como pH, temperatura, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales y oxígeno disuelto. (Resolución Jefatural 010-2016-ANA (Autoridad Nacional del Agua), 2016)

Efluente:

Líquido o agua residual proveniente de actividades antropogénicas que pueden ser vertidas a un recurso hídrico o reusadas. (Resolución Jefatural 010-2016-ANA (Autoridad Nacional del Agua), 2016)

Floculación:

La floculación es un proceso químico en el cual se añaden sustancias llamadas floculantes al agua para aglutinar las sustancias coloidales presentes. Facilita la decantación y el posterior filtrado al hacer que las partículas coloidales se agrupen formando flóculos más grandes.

Fiscalización:

Facultad de investigar la comisión de posibles infracciones administrativas sancionables y si fuera el caso, imponer sanciones por el incumplimiento de obligaciones derivadas de los instrumentos de gestión ambiental, de las autorizaciones de vertimiento de aguas residuales tratadas, así como de las normas ambientales. (Resolución Jefatural 010-2016-ANA (Autoridad Nacional del Agua), 2016)

Impactos Ambientales:

Es todo cambio en las condiciones ambientales. Los impactos ambientales se pueden determinar: Cualitativamente (criterios) y Cuantitativamente (modelos).

Los impactos pueden ser positivos y negativos.

Impactos Positivos; Regulación de flujos de agua, Reforestación, Disminución de presión para flora y fauna.

Impactos Negativos; Cambios en cantidad de agua, Cambios en la calidad del agua, Generación de polvo, Erosión por construcción de caminos, Generación de agua ácida, Vibraciones, Generación de ruido, Pérdida de hábitat y biodiversidad. (Sociedad Nacional de Mineros Petroleo y Energia, 2020)

Laboratorio Acreditado:

En este documento es el laboratorio que cuenta con el reconocimiento del Instituto Nacional de Calidad (INACAL) u otra entidad internacional equivalente

que cumple con los requisitos establecidos en la norma International Organization for Standardization (ISO) 17025, que establece los requisitos generales que deben cumplir los laboratorios de ensayo para acreditar su competencia. (Resolución Jefatural 010-2016-ANA (Autoridad Nacional del Agua), 2016)

Límite Máximo Permisible (LMP):

Medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos que caracterizan a un efluente o una emisión, que corresponde a los niveles de tratamiento de aguas residuales alcanzables con las mejores técnicas disponibles y económicamente viables.

Su determinación corresponde al ministerio del Ambiente y su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. (Resolución Jefatural 010-2016-ANA (Autoridad Nacional del Agua), 2016)

Protocolo de Monitoreo:

Documento guía que contiene instrucciones y procedimientos establecidos para realizar un monitoreo. Describe un método estandarizado para minimizar errores debido a la medición, transporte y análisis. (Resolución Jefatural 010-2016-ANA (Autoridad Nacional del Agua), 2016)

Sólidos Totales en Suspensión:

Los sólidos totales en suspensión son el residuo no filtrable de una muestra de agua natural o residual industrial o doméstica.

Se define como la porción de sólidos retenidos por un filtro de fibra de vidrio que se seca a 103-105°C hasta peso constante.

Se mide comúnmente en partes por millón (ppm).

Hidróxido de Calcio (Cal Hidratada):

El hidróxido de calcio, también conocido como cal hidratada, con la fórmula $\text{Ca}(\text{OH})_2$, se obtiene por la hidratación del óxido de calcio (cal viva).

Este proceso de hidratación ocurre en equipos llamados hidratadores.

pH:

El pH es una medida que indica la acidez o alcalinidad del agua tratada. Tiene un rango de 1 a 14, donde 7 es neutro, valores menores indican acidez, y valores mayores indican alcalinidad.

En el contexto del tratamiento de aguas, el control del pH es esencial para optimizar los procesos químicos y asegurar la eficacia de los tratamientos.

Plan de cierre de minas:

Es un instrumento de gestión ambiental conformado por acciones técnicas y legales, que deben ser efectuadas por el titular de actividad minera, a fin de rehabilitar las áreas utilizadas o perturbadas por la actividad minera, para que éstas alcancen características de ecosistema compatible con un ambiente saludable y adecuado para el desarrollo de la vida y la conservación del paisaje.

La rehabilitación se llevará a cabo mediante la ejecución de medidas que sea necesario realizar antes, durante y después del cese de operaciones, para asegurar el cumplimiento de los objetivos de cierre. (Decreto Supremo 033-2005-EM, 2005)

Pruebas de jarras:

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

valores en los que la floculación alcanza sus mejores resultados (generalmente entre 7.3 a 7.6).

Se utiliza este método cuando se requiere determinar la dosis óptima de coagulantes en plantas de tratamiento de agua potable y/o agua residual, especialmente cuando la calidad del agua fluctúa rápidamente; así como para establecer las dosis óptimas de polímero a ser utilizado en procesos de deshidratación de lodos.

Con este procedimiento se determina las condiciones óptimas a pequeña escala lo más representativas con el objetivo de predecir el funcionamiento de una operación unitaria a gran escala.

Remoción de metales:

La remoción de metales se refiere al proceso de eliminar metales de una solución líquida o de otro medio, como el suelo o el aire. Este proceso es crucial en diversas industrias y aplicaciones, incluyendo la purificación de agua, el tratamiento de aguas residuales industriales, la recuperación de metales valiosos y la limpieza ambiental.

Hay varias técnicas utilizadas para la remoción de metales, incluyendo:

Precipitación: Se agregan reactivos químicos a la solución que forman compuestos insolubles con los metales, lo que permite que se separen de la solución en forma de precipitado.

Intercambio iónico: Se utilizan resinas o materiales específicos que tienen afinidad por los metales en solución. Los iones metálicos son intercambiados por iones presentes en el material, removiéndolos de la solución.

Adsorción: Se utilizan materiales adsorbentes, como carbón activado, zeolitas o arcillas modificadas, que tienen la capacidad de adherir los metales presentes en la solución a su superficie.

Electrocoagulación: Se aplica corriente eléctrica a la solución, lo que provoca la formación de coágulos de hidróxido metálico que pueden ser fácilmente separados.

Filtración: Se emplean diversos tipos de filtros, como filtros de membrana, filtros de lecho de arena o filtros de papel, para retener los metales presentes en la solución.

Estas técnicas pueden utilizarse individualmente o en combinación, dependiendo de las características específicas de la solución y de los metales que se deseen remover.

Sedimentación:

La sedimentación es un proceso mediante el cual las partículas más pesadas que el agua, presentes en suspensión, son eliminadas por la acción de la gravedad. Las impurezas naturales pueden estar presentes en el agua en tres estados de suspensión, según su tamaño:

- a) Suspensiones hasta diámetros de 10^{-4} cm.
- b) Coloides entre 10^{-4} y 10^{-6} cm.
- c) Soluciones para diámetros aún menores de 10^{-6} cm.

Estos tres estados de dispersión requieren diferentes métodos para su eliminación. El primero, dirigido a partículas con diámetros mayores a 10^{-4} cm, se conoce como "sedimentación simple". El segundo proceso implica la aglutinación de los coloides para formar un "floc" que pueda sedimentar. Finalmente, el tercer procedimiento consiste en transformar compuestos solubles

en insolubles, aglutinarlos para formar el "floc" y permitir su sedimentación. (Pérez, 2005).

2.4. Formulación de Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

Evaluando adecuadamente el uso de diferentes dosificaciones de hidróxido de Calcio y floculante nos garantizará su influencia en las conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos y pH del efluente de la bocamina 8766 de la ex U.M. San Antonio de Esquilache - 2023

2.4.2. Hipótesis Específicas

Determinando la mejor dosificación de hidróxido de Calcio y floculante nos permitirá obtener una menor concentración de conductividad eléctrica del efluente de la bocamina 8766.

Determinando la mejor dosificación de Hidróxido de Calcio y floculante nos permitirá obtener una menor concentración de sólidos totales disueltos en el efluente de la bocamina 8766.

Determinando la mejor dosificación de Hidróxido de Calcio y floculante nos permitirá obtener una concentración de iones hidronio (pH) en el efluente de la bocamina 8766 que cumpla con el Decreto Supremo N° 010 – 2010 -MINAM.

Determinando la mejor dosificación de Hidróxido de Calcio y floculante nos permitirá cumplir con los parámetros: Cromo VI, Aceites y Grasas, As total, Cd total, Hg total, Cianuro total, Zn total, Pb total, Cu total y Fe disuelto del Decreto Supremo N° 010 – 2010 –MINAM en el efluente de la bocamina 8766 de la Ex U.M. San Antonio de Esquilache.

2.5. Identificación de Variables

2.5.1. Variables independientes

X₁: Dosificación de solución de Hidróxido de Calcio.

X₂: Dosificación de solución de floculante.

2.5.2. Variables dependientes

Y₁: Conductividad Eléctrica en el efluente de la bocamina 8766.

Y₂: Concentración de sólidos totales en suspensión en el efluente de la bocamina 8766.

Y₃: pH en efluente de la bocamina 8766.

2.6. Definición Operacional de variables e indicadores.

Dosificación de solución de lechada de cal; es la dosificación de la solución de hidróxido de Calcio al 5%, 8% y 10% de concentración, el cual, progresivamente, y en cantidades controladas, se ira adicionando a la muestra hasta lograr un pH entre 6.5 y 9.

Dosificación de solución de floculante; es la dosificación de la solución de floculante a 200 ppm de concentración, los cuales, se dosificarán hasta obtener una sedimentación completa en el menor tiempo.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación.

El tipo de investigación será experimental

3.2. Nivel de Investigación

En cuanto al nivel la investigación es exploratoria.

3.3. Métodos de investigación.

El método de la investigación es inductivo deductivo, que consisten en conocer y manejar correctamente las pruebas con diferentes concentraciones de soluciones de hidróxido de Calcio y floculante, y poder llegar a una conclusión global de la investigación, que nos permitirá ver el comportamiento de pH, sólidos totales disueltos y la conductividad eléctrica del efluente final.

3.4. Diseño de investigación.

Diseño de la investigación será cuasi experimental, para ello se empleará puntos de control y monitoreo.

3.5. Población y muestra

La población de esta investigación es el efluente de la bocamina 8766 de la ex U.M. San Antonio de Esquilache, con un caudal aproximado de 18.50 l/s.

Muestra

Se trabajaron con muestras de 2 litros de efluente.

3.6. Técnicas e instrumento recolección de datos

Observación del efecto de la dosificación de soluciones de hidróxido de Calcio y floculante en la conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos y pH del efluente.

Mediciones de campo, a través del equipo pH metro o potenciómetro.

Análisis de laboratorio, de los resultados obtenidos de las pruebas realizados en el experimento.

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

Los instrumentos utilizados pertenecen a los resultados de análisis en laboratorio ANALITYCAL LABORATORY E.I.R.L. de seis (06) muestras compuestas, extraídas del efluente de la bocamina 8766.

El laboratorio seleccionado se encuentra certificado y acreditado para los análisis realizados, el promedio de valoración aceptable, en coherencia, indicadores y confiabilidad.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Se utilizó software Windows 10 y office 365.

3.9. Tratamiento Estadístico.

El tratamiento estadístico usado será SPS 10.

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

El presente trabajo está basado bajo las normas ambientales y no se adulterará los resultados obtenidos, teniendo de esta manera, una validez interna y externa.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

Localización y descripción del área de estudio

Los PAM's de la ex unidad minera San Antonio de Esquilache, se ubican en la jurisdicción del centro poblado San Antonio de Esquilache, localizado políticamente en el distrito de San Antonio, provincia y región Puno.

La accesibilidad es únicamente por vía terrestre, desde la ciudad de Puno, se puede acceder en un tiempo aproximado de 1 horas y 30 minutos.

Tabla 1. Accesibilidad a la Ex Unidad Minera – Ruta 1

RUTA	VÍA	CONDICIÓN DE VÍA	DISTANCIA (KM)	TIEMPO DE VIAJE
Lima - Juliaca	Aérea	---	---	1hr. 45min
Juliaca – Puno	Terrestre	Asfaltado	44	50min.
Puno – PAM Esquilache	Terrestre	Asfaltado/Afirmado /Trocha	66	1hr. 10min

Fuente: Plan de cierre de la ex U.M. San Antonio de Esquilache.

Tabla 2. Accesibilidad a la Ex Unidad Minera – Ruta 2

RUTA	VÍA	CONDICIÓN DE VÍA	DISTANCIA (KM)	TIEMPO DE VIAJE
Lima - Juliaca	Aérea	---	---	1hr.45min
Juliaca – Mañazo	Terrestre	Afirmado	45	1hr.
Mañazo – Tiquillaca	Terrestre	Afirmado	19.3	20min
Tiquillaca – Juncal – PAM Esquilache	Terrestre	Afirmado /Trocha	61.2	1hr. 30min

Fuente: Plan de cierre de la ex U.M. San Antonio de Esquilache.

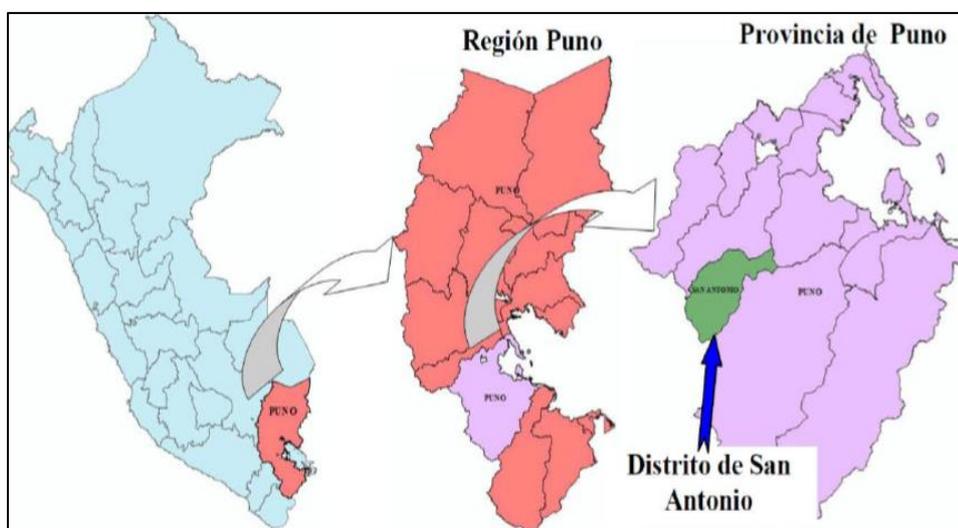
El efluente de la bocamina 8766 pertenece a la ex Unidad Minera San Antonio de Esquilache, en el distrito de San Antonio, provincia y región de Puno, según el siguiente detalle:

Tabla 3. Coordenadas referenciales de la bocamina 8766 en la ex unidad minera San Antonio de Esquilache

DESCRIPCIÓN	COORDENADAS UTM (WGS 84 - ZONA 18 SUR)		
Bocamina 8766	E 362452.76	N 8217251.89	4,529 msnm

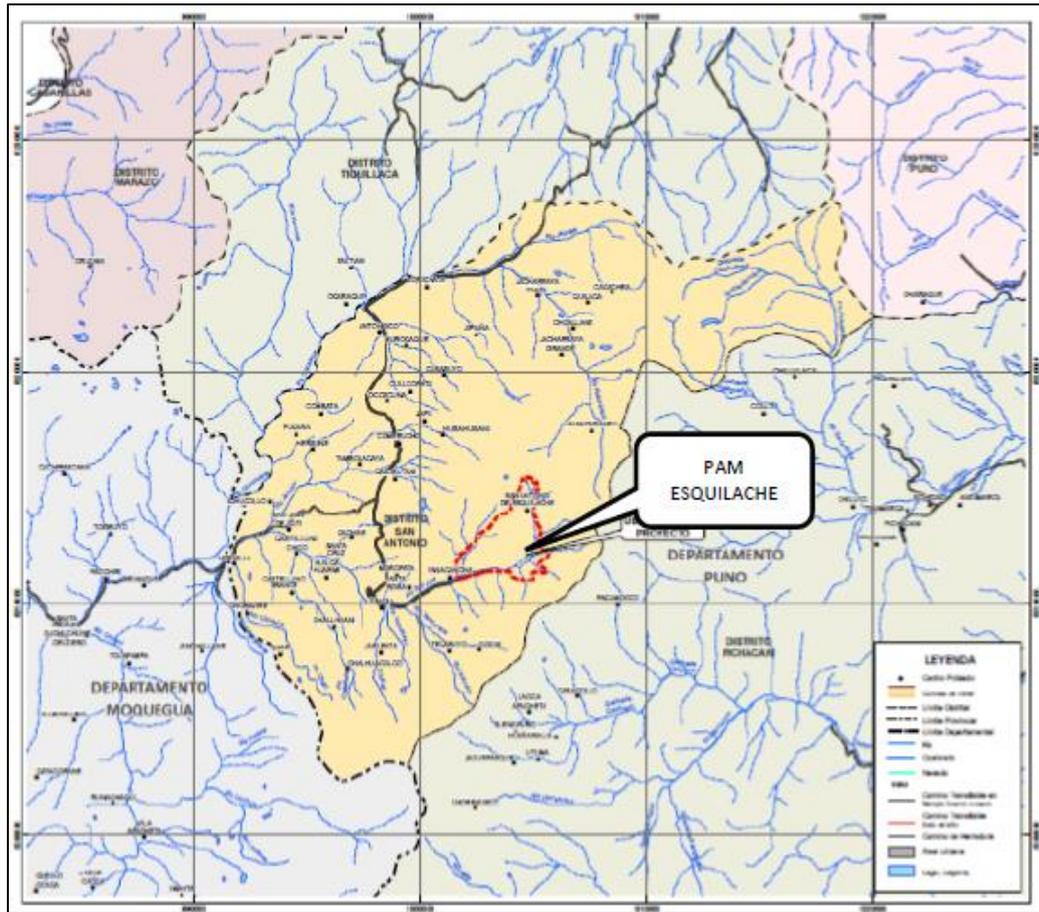
Fuente: Plan de cierre de la ex U.M. San Antonio de Esquilache.

Figura 1. Ubicación del distrito de San Antonio



Fuente: Plan de cierre de la ex U.M. San Antonio de Esquilache.

Figura 2. Ubicación de los PAM's "San Antonio de Esquilache"



Fuente: Plan de cierre de la ex U.M. San Antonio de Esquilache.

Ubicación de puntos de monitoreo

Se ubican dos (02) puntos de monitoreo para la evaluación de los parámetros de calidad en el afluente y efluente de la bocamina 8766.

Tabla 4. Ubicación de puntos de monitoreo

PUNTO	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS	
		Norte	Este
8766	Afluente (Salida de la bocamina 8766)	8217251	362452
MEF - 10	Efluente (vertimiento de la bocamina 8766 tratada)	8217098	362168

Fuente: Elaboración Propia

Figura 3. Ubicación del punto de toma de muestra



Fuente: Elaboración Propia

Recolección de datos

Trabajo de Campo

Se identificó y verificó los componentes de la bocamina 8766.

Se realizó la georreferenciación de los puntos de monitoreo en coordenadas WGS 84: afluente y efluente.

La preparación de solución de hidróxido de Calcio al 5%, 8% y 10% se realizó de acuerdo al siguiente detalle:

Tabla 5. Preparación de soluciones de hidróxidos de Calcio

Concentración	Peso hidróxido de calcio	Volumen de agua
(%)	(gr)	(ml)
5	50	1000
8	80	1000
10	100	1000

Fuente: Elaboración Propia

Se realizo la preparación del floculante (copolímero acrilamida), de 200 ppm de concentración, equivalente a 200 mg/l.

Se realizaron las pruebas con los insumos preparados, controlando tiempo de residencia y los parámetros de pH, conductividad y sólidos totales disueltos, estas pruebas se desarrollaron en 5 días.

Figura 4. Control de parámetros – Multiparámetro Hanna



Fuente: Elaboración Propia

Figura 5. Control de parámetros – Multiparámetro Hanna



Fuente: Elaboración Propia

Se realizó la toma de muestras siguiendo con el protocolo de muestreo del laboratorio donde se realizó el análisis de los parámetros solicitados.

Figura 6. Recolección de muestras



Fuente: Elaboración Propia

Se elaboró la cadena de custodia para enviar las muestras para su análisis respectivo.

Trabajo de gabinete

Se realizaron las coordinaciones para realizar las pruebas y posterior a ello evaluar los datos obtenidos; esto se realizó con la ayuda del plan de cierre de la ex unidad minera San Antonio de Esquilache, donde se encuentra los datos de la caracterización del afluente (agua residual industrial sin tratamiento).

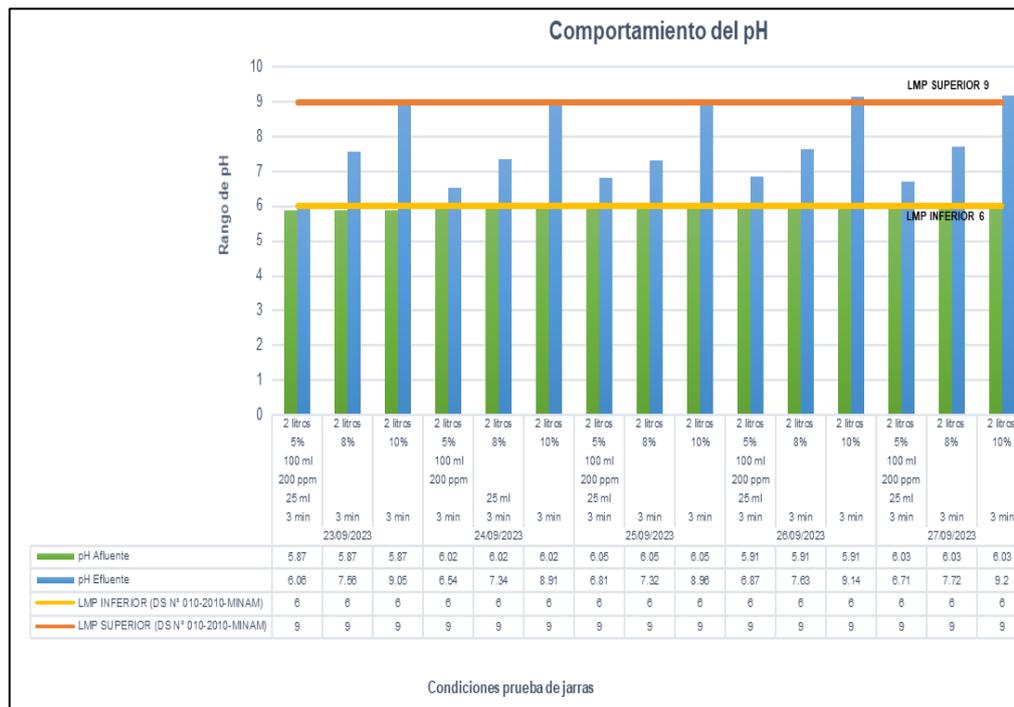
Asimismo, se realizó el análisis e interpretación de los resultados de los parámetros de calidad del agua en los puntos monitoreados.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.

Presentación de resultados de los parámetros de campo pH, Conductividad y TDS evaluados en el mes de setiembre del año 2023.

a. pH.

Gráfica 1. Resultados del parámetro de calidad – pH



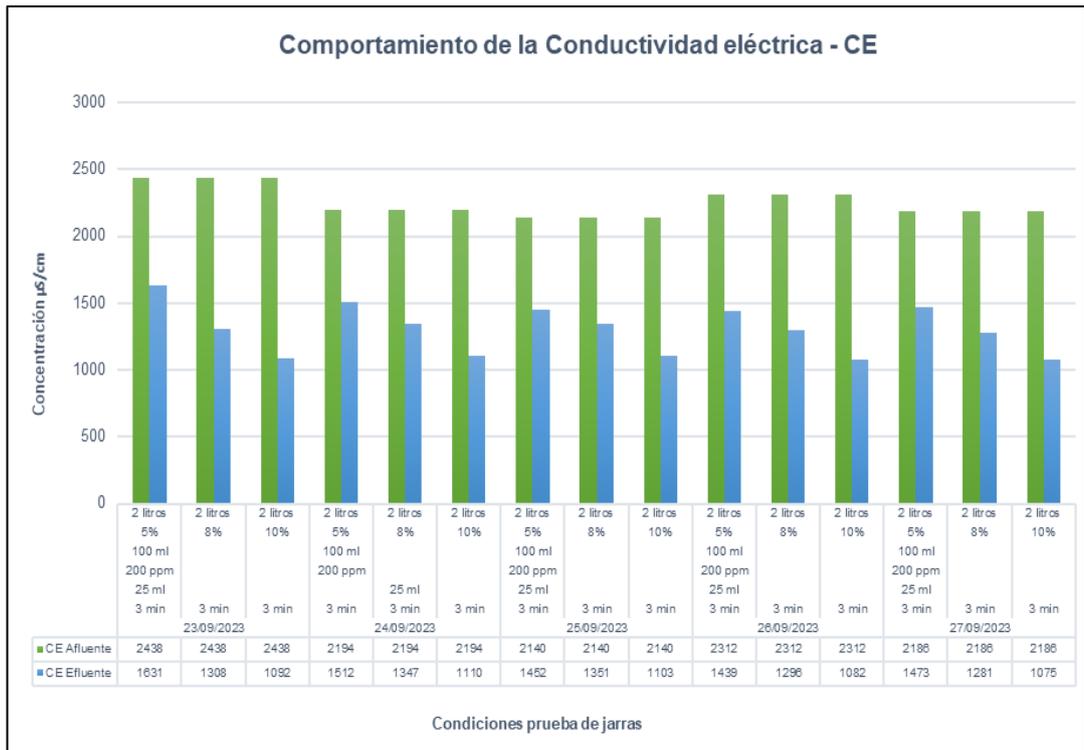
Interpretación:

Decreto Supremo N°010-2010-MINAM, Aprueban límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero metalúrgicas, pH límite inferior 6 y límite superior 9.

De acuerdo con la **gráfica 1**, se muestran los resultados de las pruebas de neutralización del afluente al 5%, 8% y 10% de hidróxido de Calcio respectivamente. Se encontró que la solución al 8% fue la más efectiva en el tratamiento del afluente ácido de mina, logrando cumplir con los LMP establecidos. Esto sugiere que el uso de la solución al 8% proporciona una mejor eficacia tanto como un rendimiento económico.

b. Conductividad Eléctrica.

Gráfica 2. Resultados del parámetro de calidad – conductividad eléctrica

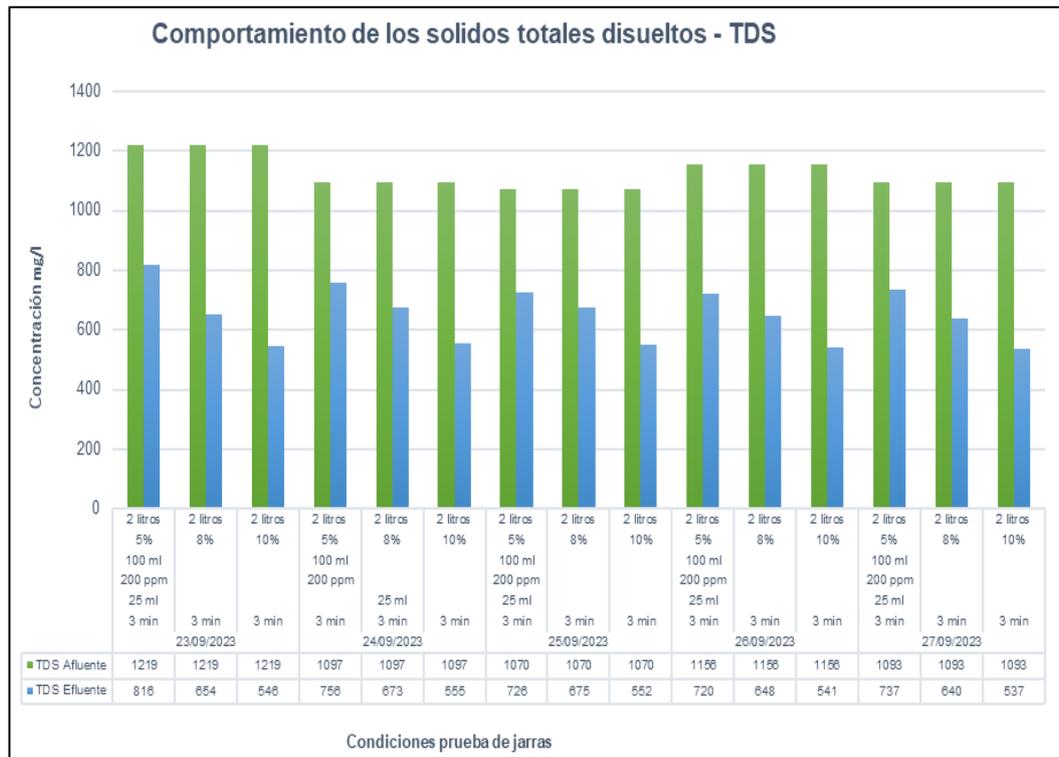


Interpretación:

De la **gráfica 2**, representa los resultados de las pruebas realizadas a diferentes concentraciones de Hidróxido de Calcio (5%, 8% y 10%), en donde se observa que, la muestra al 8% fue la más efectiva en reducir la conductividad eléctrica; esto en comparación con las demás concentraciones, mostrándose una disminución de hasta un 64% respecto a las evaluadas. Esta información puede ser crucial para entender y optimizar el uso del insumo de hidróxido de Calcio en el tratamiento de las aguas de los efluentes de mina.

c. Sólidos Totales Disueltos.

Gráfica 3. Resultados del parámetro de calidad – TDS



Interpretación:

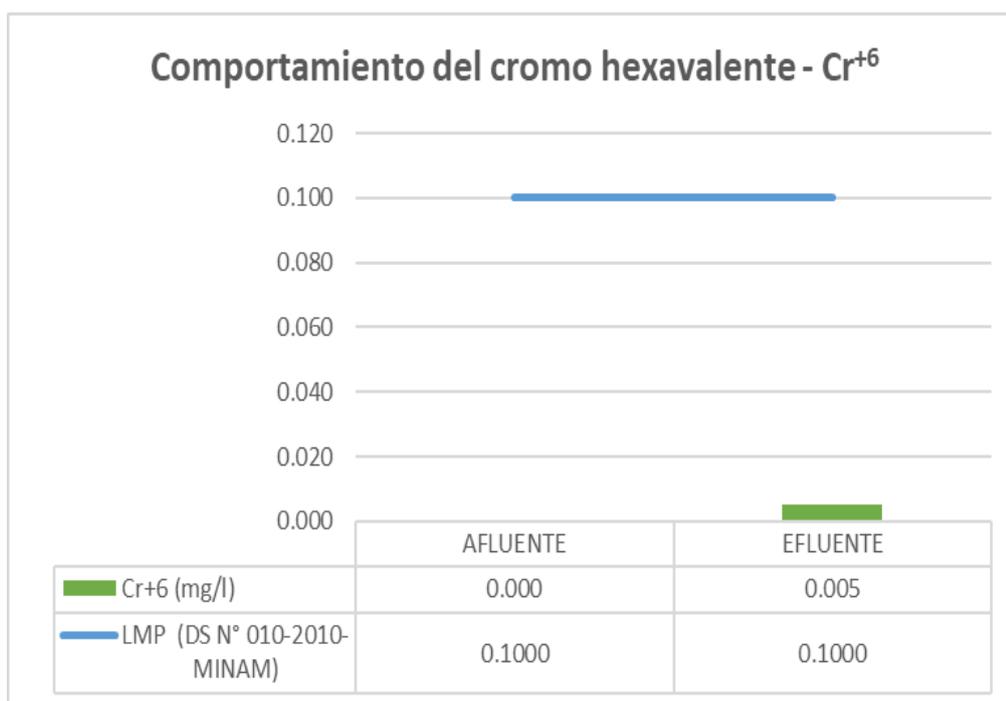
De la **gráfica 3**, se puede observar los datos obtenidos a diferentes concentraciones (5%, 8% y 10%), observándose que la solución al 8% presenta mejores resultados respecto a la concentración de sólidos totales disueltos. En promedio, esta muestra logró reducir en un 60% en comparación con las muestras evaluadas.

Esto sugiere que la solución al 8% es la más efectiva para disminuir los sólidos totales disueltos.

Presentación de resultados evaluados por el laboratorio ANALITYCAL LABORATORY E.I.R.L. en el mes de setiembre del año 2023.

a. Cromo VI.

Gráfica 4. Resultados del parámetro de calidad – Cromo VI



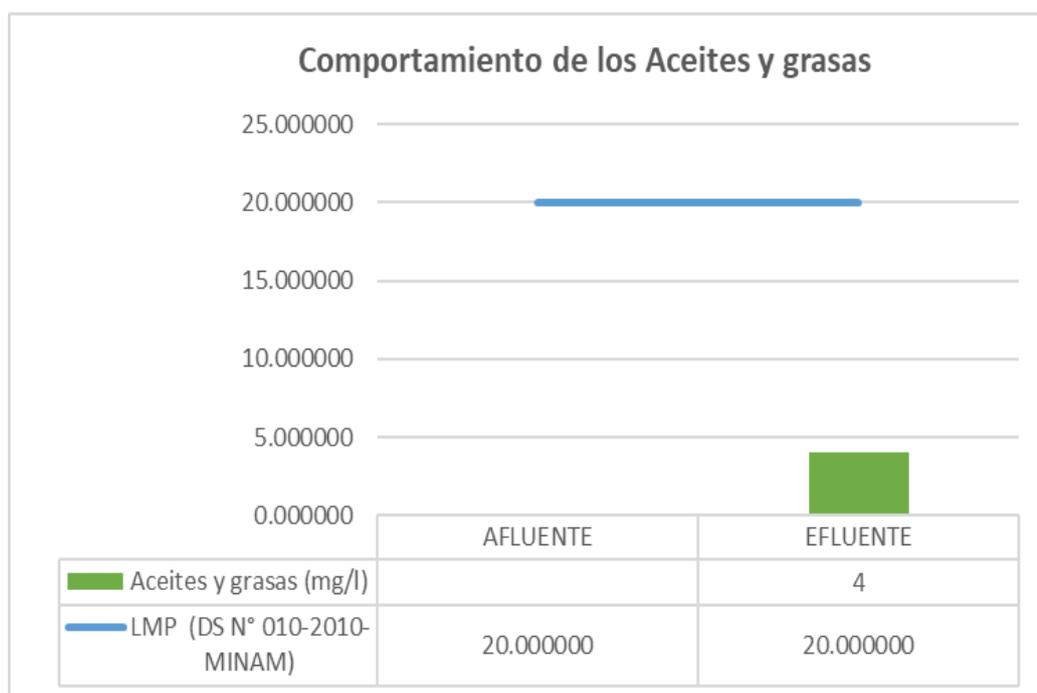
Interpretación:

Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM, Aprueban límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero metalúrgicas: Cromo hexavalente límite máximo permisible en cualquier momento 0.1 mg/l.

De la **gráfica 4**; se verificó que al utilizar una concentración de 8% de Hidróxido de Calcio y 200 ppm de floculante, se obtuvo una concentración de 0.005 mg/l de Cromo hexavalente, cumpliendo de esta manera con los LMP.

b. Aceites y grasas.

Gráfica 5. Resultados del parámetro de calidad – Aceites y Grasas



Interpretación:

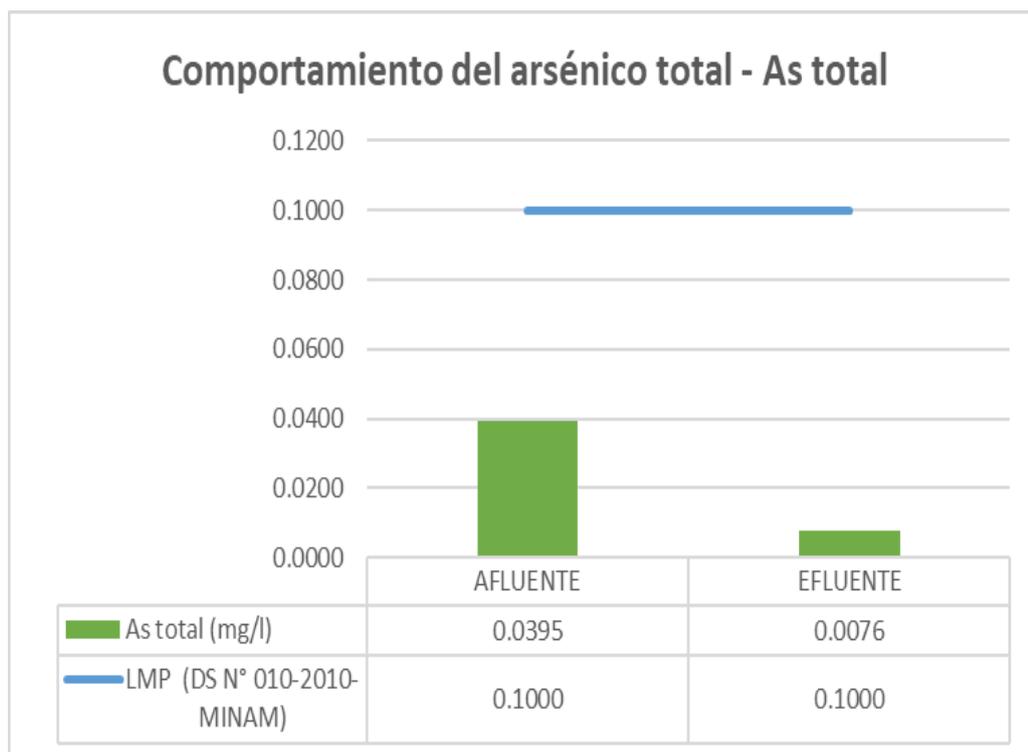
Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM, Aprueban límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero metalúrgicas: Aceites y grasas límite máximo permisible en cualquier momento 20 mg/l.

De la **gráfica 5**; se verificó que al utilizar una concentración de 8% de Hidróxido de Calcio y 200 ppm de floculante, se obtuvo una concentración de 4 mg/l de Aceites y Grasas, cumpliendo de esta manera con los LMP.

Metales totales.

Arsénico total (As total)

Gráfica 6. Resultados del parámetro de calidad – Arsénico total



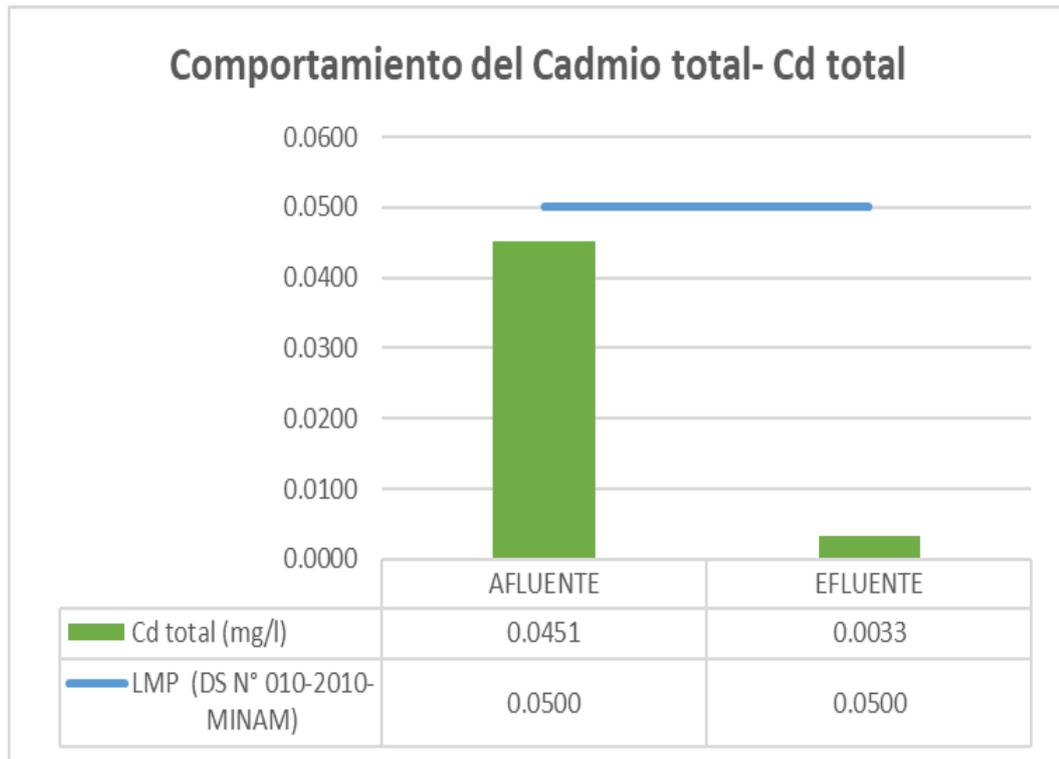
Interpretación:

Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM, Aprueban límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero metalúrgicas: Arsénico total límite máximo permisible en cualquier momento 0.1 mg/l.

De la **gráfica 6**; se verificó que al utilizar una concentración de 8% de Hidróxido de Calcio y 200 ppm de floculante, se obtuvo una disminución de la concentración de Arsénico total de 0.0395 mg/l a 0.0076 mg/l, cumpliendo de esta manera con los límites máximos permisibles.

Cadmio total (Cd total)

Gráfica 7. Resultados del parámetro de calidad – Cadmio total



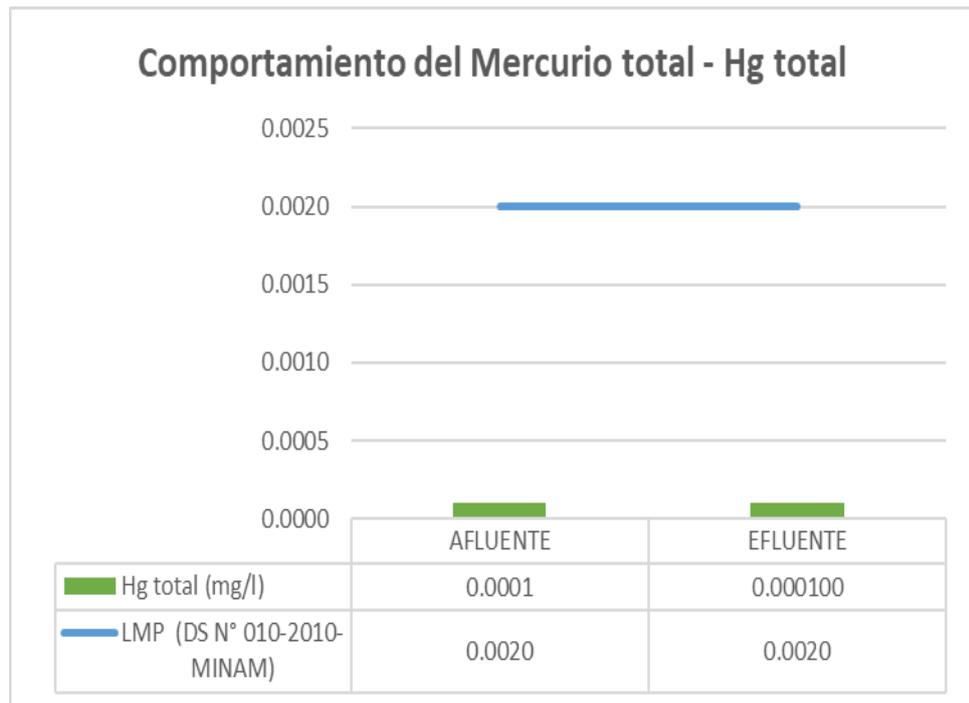
Interpretación:

Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM, Aprueban límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero metalúrgicas: Cadmio total límite máximo permisible en cualquier momento 0.05 mg/l.

De la **gráfica 7**; se verificó que al utilizar una concentración de 8% de Hidróxido de Calcio y 200 ppm de floculante, se obtuvo una disminución de la concentración de Cadmio total de 0.0451 mg/l a 0.0033 mg/l, cumpliendo de esta manera con los límites máximos permisibles.

➤ **Mercurio total (Hg total)**

Gráfica 8. Resultados del parámetro de calidad – Mercurio total



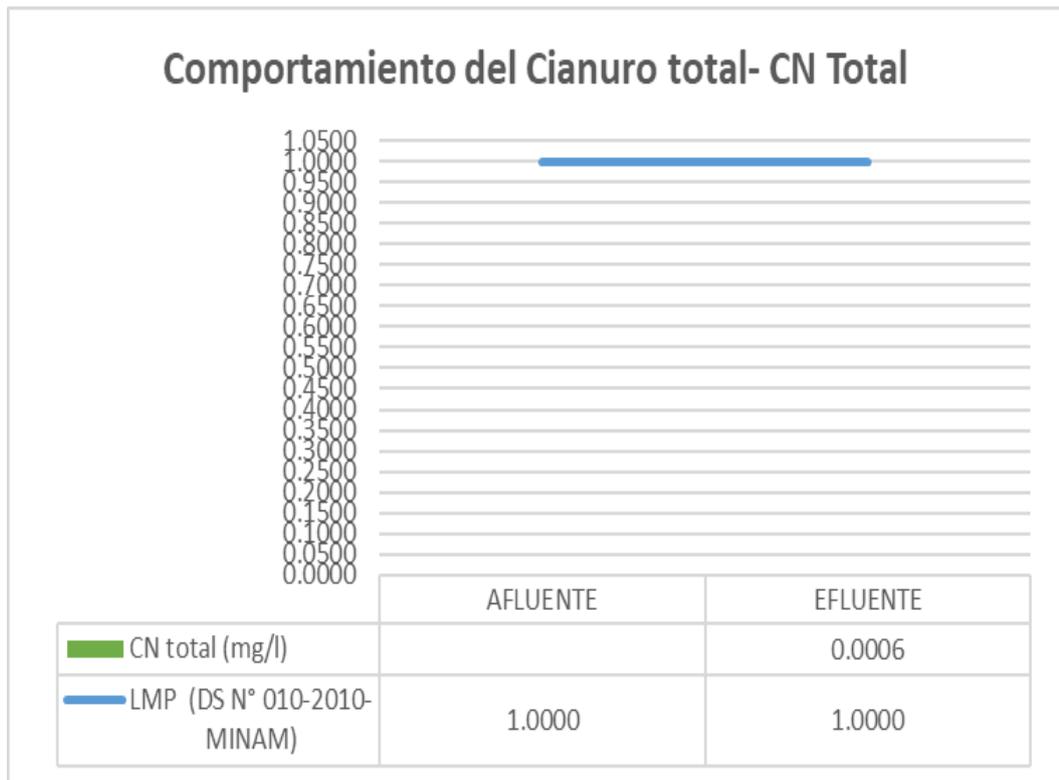
Interpretación:

Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM, Aprueban límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero metalúrgicas: Mercurio total, límite máximo permisible en cualquier momento 0.02 mg/l.

De la **gráfica 8**; se evidencia que el afluente no contenía concentración de mercurio total por lo que al usar una concentración al 8% de Hidróxido de Calcio y 200 ppm de floculante cumple con los límites máximos permisibles

Cianuro total (Cn total)

Gráfica 9. Resultados del parámetro de calidad – Cianuro total



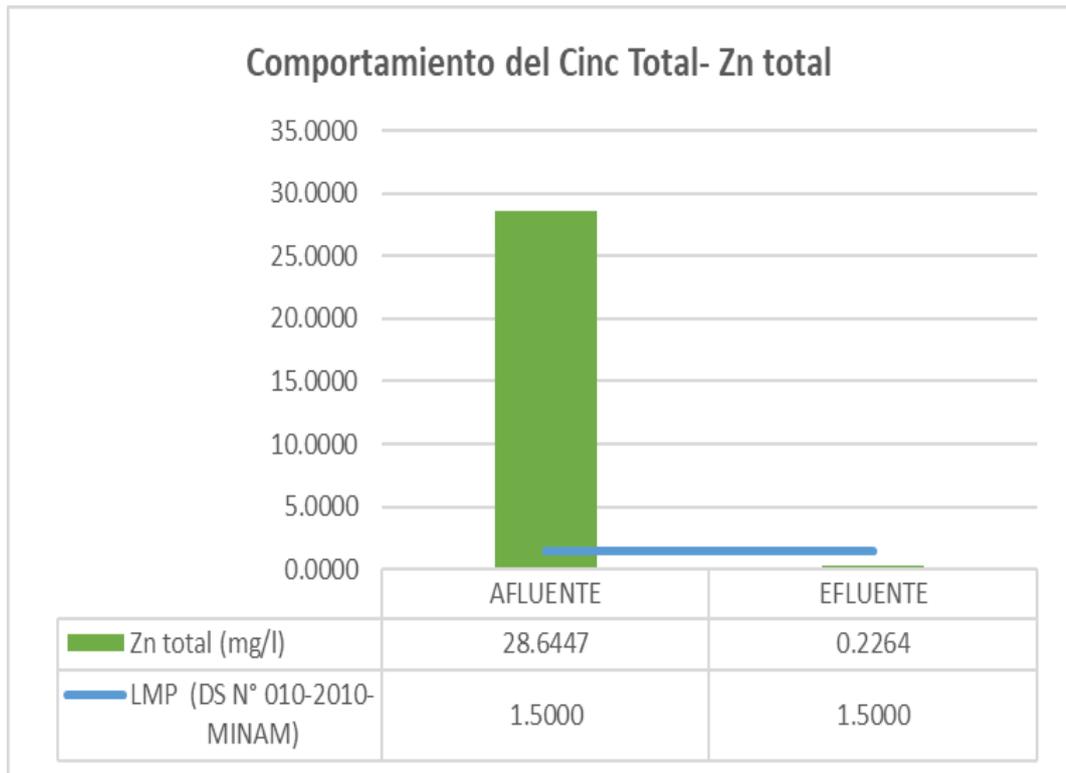
Interpretación:

Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM, Aprueban límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero metalúrgicas: Cianuro total, límite máximo permisible en cualquier momento 1.0 mg/l.

De la **gráfica 9**; se verificó que al utilizar una concentración de 8% de Hidróxido de Calcio y 200 ppm de floculante, se obtuvo una concentración de 0.0006 mg/l de cianuro total, cumpliendo de esta manera con los límites máximos permisibles.

Cinc total (Zn total)

Gráfica 10. Resultados del parámetro de calidad – Cinc total



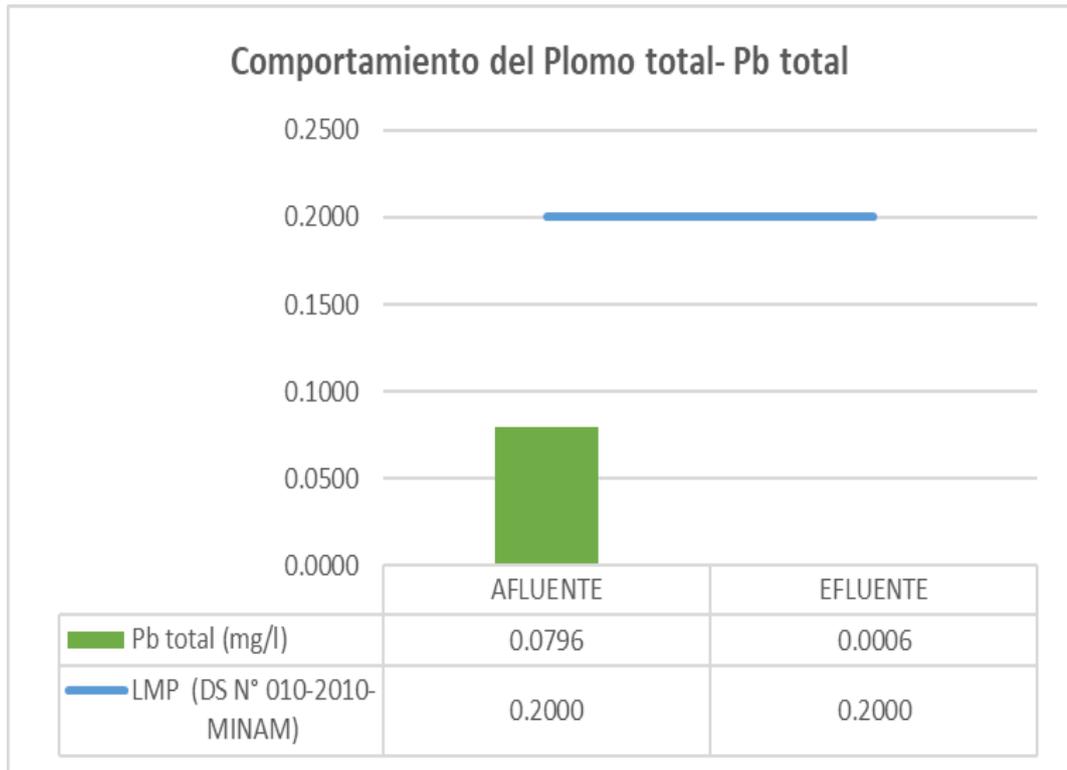
Interpretación:

Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM, Aprueban límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero metalúrgicas: Cinc total, límite máximo permisible en cualquier momento 1.50 mg/l.

De la **gráfica 10**; se verificó que al utilizar una concentración de 8% de Hidróxido de Calcio y 200 ppm de floculante, se obtuvo una disminución de la concentración de cinc total de 28.6447 mg/l a 0.2264 mg/l, cumpliendo de esta manera con los límites máximos permisibles.

Plomo total (Pb total)

Gráfica 11. Resultados del parámetro de calidad – Plomo total



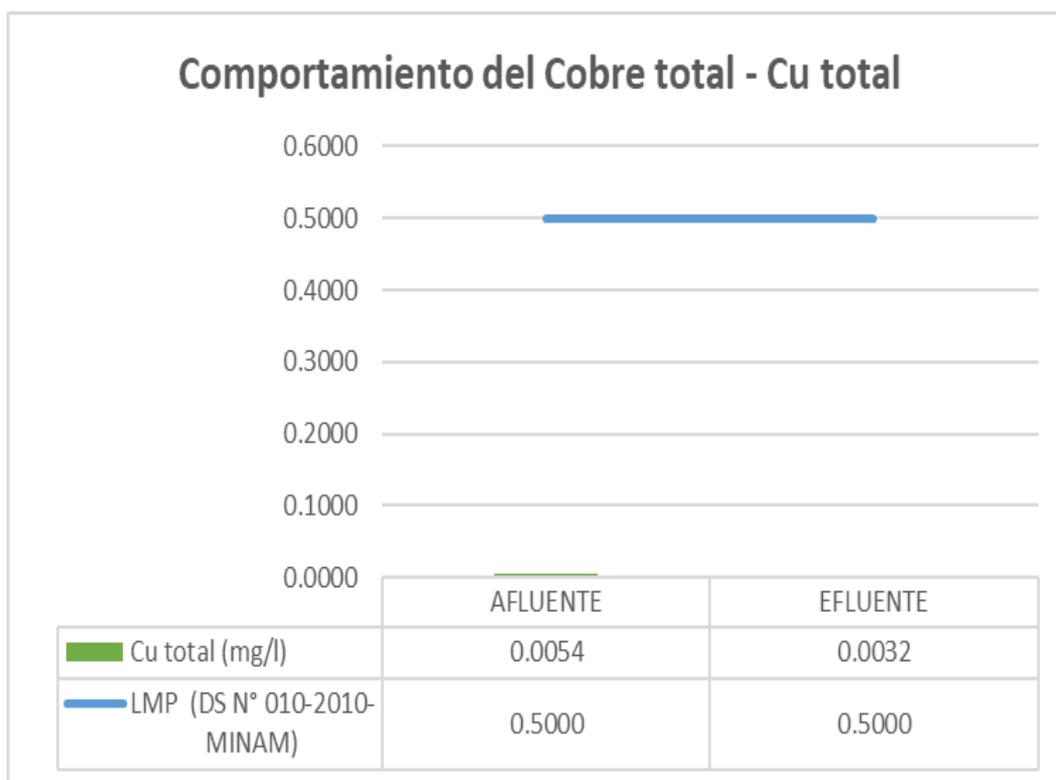
Interpretación:

Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM, Aprueban límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero metalúrgicas: Plomo total, límite máximo permisible en cualquier momento 0.2 mg/l.

De la **gráfica 11**; se verificó que al utilizar una concentración de 8% de Hidróxido de Calcio y 200 ppm de floculante, se obtuvo una disminución de la concentración de Plomo total de 0.0796 mg/l a 0.0006 mg/l, cumpliendo de esta manera con los límites máximos permisibles.

Cobre total (Cu total)

Gráfica 12. Resultados del parámetro de calidad – Cobre total



Interpretación:

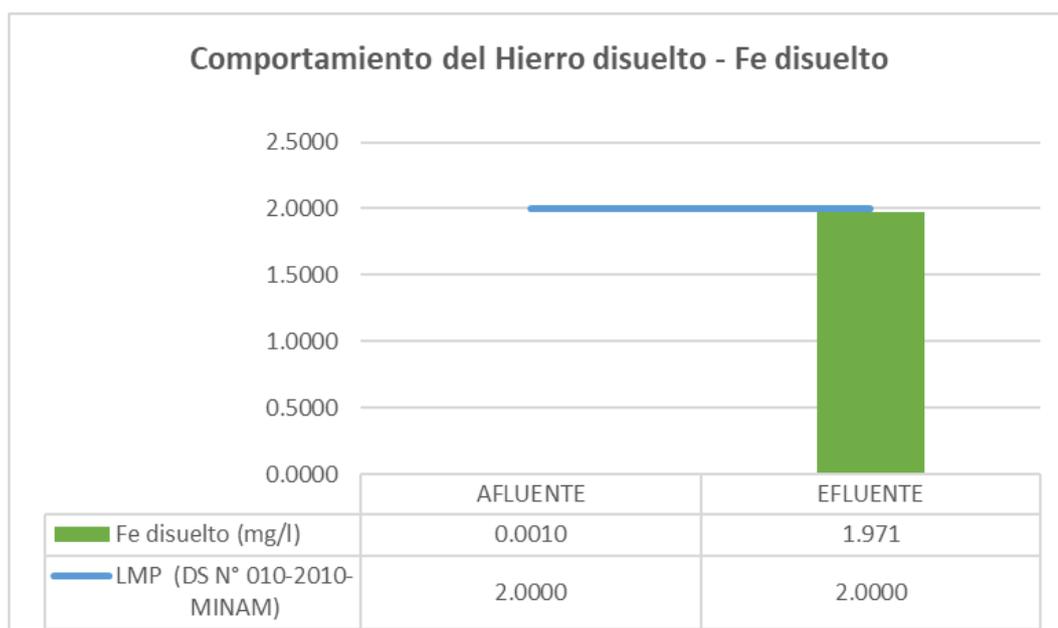
Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM, Aprueban límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero metalúrgicas: Cobre total, límite máximo permisible en cualquier momento 0.5 mg/l.

De la **gráfica 12**; se verificó que al utilizar una concentración de 8% de Hidróxido de Calcio y 200 ppm de floculante, se obtuvo una disminución de la concentración de Cobre total de 0.0054 mg/l a 0.0032 mg/l, cumpliendo de esta manera con los límites máximos permisibles.

Metales Disueltos.

Hierro disuelto (Fe disuelto)

Gráfica 13. Resultados del parámetro de calidad – Hierro disuelto



Interpretación:

Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM, Aprueban límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero metalúrgicas: Hierro disuelto límite máximo permisible en cualquier momento 2.0 mg/l.

De la **gráfica 13**; se observó que, hay que ajustar el pH regulando las cantidades de Hidróxido de Calcio, floculante y el tiempo de residencia en el proceso de neutralización y coagulación respectivamente para lograr una mayor eficacia en el tratamiento de Hierro disuelto y obtener una concentración menor.

4.3. Prueba de Hipótesis

Para la presente investigación se planteó la siguiente hipótesis general: “Evaluando adecuadamente el uso de diferentes dosificaciones de Hidróxido de Calcio y floculante, nos garantizará su influencia en las conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos y pH del efluente de la bocamina 8766 de la ex U.M. San Antonio de Esquilache - 2023”; conforme al análisis de los resultados de la

presente investigación, se valida la hipótesis general, ya que según las gráficas 1, 2 y 3, los parámetros evaluados muestran una variación luego de las pruebas realizadas

➤ **Hipótesis Específicas**

H₁: “Determinando la mejor dosificación de hidróxido de calcio y floculante nos permitirá obtener una menor concentración de conductividad eléctrica del efluente de la bocamina 8766”; al dosificar una solución de hidróxido de calcio al 8 % y floculante al 200 ppm se evidencia que la conductividad eléctrica disminuyó de 2,186 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 1,281 $\mu\text{S}/\text{cm}$, por lo tanto, se valida la hipótesis H₁.

H₂: “Determinando la mejor dosificación de Hidróxido de Calcio y floculante nos permitirá obtener una menor concentración de sólido totales disueltos en el efluente de la bocamina 8766”; al dosificar una solución de Hidróxido de Calcio al 8 % y floculante al 200 ppm, se evidencia que la concentración de sólidos totales disueltos disminuyó de 1,093 mg/l a 640 mg/l, por lo tanto, se valida la hipótesis H₂.

H₃: “Determinando la mejor dosificación de Hidróxido de Calcio y floculante nos permitirá obtener una concentración de iones hidronio (pH) en el efluente de la bocamina 8766 que cumpla con el Decreto Supremo N° 010 – 2010 -MINAM”; al dosificar una solución de Hidróxido de Calcio al 8 % y floculante al 200 ppm se evidencia que el pH aumentó de 6.71 a 7.72 cumpliendo además de esta manera con límites máximos permisibles, por lo tanto, se valida la hipótesis H₃.

H₄: “Determinando la mejor dosificación de Hidróxido de Calcio y floculante nos permitirá cumplir con los parámetros Cromo VI, Aceites y Grasas,

As total, Cd total, Hg total, Cianuro total, Zn total, Pb total, Cu total y Fe disuelto del Decreto Supremo N° 010 – 2010 –MINAM en el efluente de la bocamina 8766 de la Ex U.M. San Antonio de Esquilache; entonces, al dosificar una solución de Hidróxido de Calcio al 8 % y floculante al 200 ppm se evidencia que se cumple con los parámetros de los límites máximos permisibles, por lo tanto, se valida la hipótesis H₄.

4.4. Discusión de resultados

Los pasivos mineros en la ex Unidad Minera San Antonio de Esquilache, están conformados por una serie de componentes, dentro de los cuales se encuentra los efluentes de la bocamina 8766, cuyos efectos son la contaminación del agua del río San Antonio, esto causado por la concentración de pH menores a 6.5 y con un contenido de metales totales como Arsénico, Cobre, Plomo, Zinc y Cromo IV y metales disueltos como el Hierro, esta información se ha obtenido de los análisis realizados en los monitoreos de agua y en el Plan de Cierre de los Pasivos Ambientales Mineros. Dichas concentraciones, por tratarse de efluentes mineros, se han comparado con el Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM límites máximos permisibles de las actividades minero metalúrgicas, los cuales están por encima de estos Límites establecidos.

El primer objetivo de la investigación es evaluar el uso de diferentes dosificaciones de Hidróxido de Calcio y floculante que influye en la Conductividad Eléctrica, Sólidos Totales Disueltos y pH; por lo que, en la presente investigación, se ha aplicado el método inductivo deductivo, empleando una solución de Hidróxido de Calcio como insumo químico para realizar las pruebas y de esta forma lograr la neutralización del efluente de la bocamina 8766 en la ex U.M. San Antonio de Esquilache, para solucionar el mencionado

problema. Al realizar las pruebas con dos (02) litros de muestras seleccionadas, se pudo evidenciar que según se lograba neutralizar el agua, se apreciaba el cambio del color de la muestra, lo que demuestra una reacción físico química para la formación de hidróxidos, sales y otros; permitiendo la reducción considerable de la concentración la conductividad eléctrica, sólidos totales en suspensión y metales totales y disueltos en el agua; así como, el aumento del pH; cumpliendo de esta manera con los límites máximos permisibles Decreto Supremo N°010-2010-MINAM; por lo que es necesario aplicar la concentración del 8% de Hidróxido de Calcio y 200 ppm de floculante. Al realizar los experimentos en el laboratorio, se pudo apreciar los resultados de los análisis realizados a las muestras, dado que, durante los cinco días de prueba, el pH aumentó de 6.03 a 7.72 en el mejor de los casos, la conductividad eléctrica disminuyó en un 64% en promedio, los sólidos totales en suspensión disminuyeron en un 60% en promedio. Para el caso de los parámetros del Decreto Supremo N° 010 – 2010 – MINAM; tenemos que, para el Cromo VI, se obtuvo una concentración de 0.005 mg/l (LMP 0.10 mg/l); para los Aceites y Grasas, se obtuvo una concentración de 4.0 mg/l (LMP 20 mg/l); para el As total, se obtuvo una disminución de 0.0076 mg/l (LMP 0.1 mg/l); para el Cd total, se obtuvo una disminución de 0.0451 mg/l a 0.0033 mg/l (LMP 0.05 mg/l); para el Cianuro total, se obtuvo una concentración de 0.0006 mg/l (LMP 1.0 mg/l); para el Zn total se obtuvo una disminución de 28.6447 mg/l a 0.2264 mg/l (LMP 1.5 mg/l); para el Pb total se obtuvo una disminución de 0.0796 mg/l a 0.0006 mg/l (LMP 0.2 mg/l); para el Cu total se obtuvo una disminución de 0.0054 mg/l a 0.0032 mg/l (LMP 0.5 mg/l); para el Fe disuelto se obtuvo una concentración de 1.97 mg/l (LMP 2.0 mg/l); cabe resaltar que el efluente no contaba con concentraciones de Hg total.

CONCLUSIONES

Las conclusiones para el presente proyecto de investigación acerca de buscar una mejor alternativa para realizar el tratamiento del efluente de la bocamina 8766 en la ex Unidad Minera San Antonio de Esquilache son las siguientes:

Los pasivos ambientales mineros, en particular los efluentes de la bocamina 8766, están causando contaminación del agua del río San Antonio, debido a la presencia de metales como el Arsénico, Cobre, Plomo, Zinc, Cromo IV y hierro disuelto, con concentraciones que superan los límites máximos permisibles establecidos por el Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM.

La investigación se centra en evaluar el uso de diferentes dosificaciones de Hidróxido de Calcio y floculante para neutralizar los efluentes de la bocamina 8766, influyendo en la Conductividad Eléctrica, Sólidos Totales Disueltos y pH del agua.

Se aplicó el método inductivo-deductivo, utilizando Hidróxido de Calcio como insumo químico para neutralizar el efluente. Los resultados mostraron una reducción considerable en la conductividad eléctrica, sólidos totales en suspensión, metales totales y metales disueltos en el efluente, así como un aumento del pH, cumpliendo de esta manera con los límites establecidos por el Decreto Supremo N°010-2010-MINAM.

La concentración óptima de Hidróxido de Calcio y floculante fue del 8% y 200 ppm de floculante, logrando resultados satisfactorios en la neutralización de los efluentes mineros.

Durante las pruebas realizadas, se observó un aumento significativo en el pH, una disminución promedio del 64% en la conductividad eléctrica y del 60% en sólidos totales en suspensión.

Los resultados de los análisis de laboratorio mostraron que las concentraciones de los metales Cromo VI, Aceites y Grasas, Arsénico, Cadmio, Cianuro, Zinc, Plomo,

Cobre, y Hierro disuelto se redujeron a niveles dentro de los límites máximos permisibles establecidos por el Decreto Supremo N° 010 – 2010 –MINAM, con excepción del Mercurio, que no estaba presente en concentraciones detectables en el efluente.

En resumen, el estudio demuestra la eficacia del uso de Hidróxido de Calcio y floculante para neutralizar y reducir los contaminantes presentes en los efluentes mineros de la ex Unidad Minera San Antonio de Esquilache, lo que podría contribuir significativamente a mitigar el impacto ambiental de los pasivos ambientales mineros en la zona de impacto.

RECOMENDACIONES

Basándome en el contexto de los pasivos ambientales y en la necesidad de explorar tratamientos alternativos para el efluente de la bocamina 8766 de la Ex U.M. San Antonio de Esquilache, a continuación, se muestran algunas recomendaciones adicionales para futuras investigaciones:

Explorar otras tecnologías y métodos de tratamiento de efluentes mineros, además del uso de Hidróxido de Calcio y floculante aniónico. Por ejemplo, el uso de procesos de oxidación avanzada, filtración, precipitación selectiva, o métodos biológicos como la fitoestabilización y la biorremediación.

Realizar un análisis detallado de los factores como la eficiencia del tratamiento, la generación de residuos, los costos energéticos, y el potencial de recuperación de recursos valiosos.

Investigar la optimización de procesos para mejorar la eficiencia y reducir costos operativos.

Involucrar a las comunidades locales y a las partes interesadas en el proceso de investigación y toma de decisiones.

Diseñar un plan de monitoreo y seguimiento a largo plazo para evaluar la eficacia continua de los tratamientos implementados y para detectar posibles problemas ambientales o de salud pública en el futuro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aduvire, O. (2006). Drenaje ácido de mina generación y tratamiento. Instituto Geológico y Minero de España Dirección de Recursos Minerales y Geoambiente. Obtenido de https://info.igme.es/SidPDF/113000/258/113258_0000001.pdf
- Chappuis, M. (2019). Remediación y activación de pasivos ambientales mineros (PAM) en el Perú. Publicación de las Naciones Unidas, 168(1). Obtenido de <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/c58bb4db-34cc-4578-bf1c-8a609b52a39a/content>.
- Decreto Supremo 010-2010-MINAM. (23 de agosto de 2010). Aprueban límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades Minero - Metalúrgicas. 23 de agosto del 2010. Lima.
- Decreto Supremo 010-2011-MINAM. (14 de junio de 2011). Decreto Supremo que integra los plazos para la presentación de los instrumentos de gestión ambiental de las actividades minero - metalúrgicas al ECA para agua y LMP para las descargas de efluentes líquidos de actividades minero – metalúrgicas. Lima.
- Decreto Supremo 016-93-EM. (28 de abril de 1993). Reglamento sobre protección del Medio Ambiente. Lima.
- Decreto Supremo 033-2005-EM. (14 de agosto de 2005). Reglamento para el cierre de minas. Lima.
- Decreto Supremo 058-2006-EM. (03 de octubre de 2006). Modifican el D.S. N° 022-2005-EM, que estableció disposiciones aplicables a proyectos de remediación ambiental derivados de los PAMA y Planes de Cierre de empresas mineras de Estado. Lima.
- Hyman, D. & Watzlaf, G. (1995). Mine drainage characterization for the successful design and evaluation of passive treatment systems. 17 Annual National Association of Abandoned Mine Lands Conference, 203-218.
- Ley 28611. (15 de octubre de 2005). Ley General del Ambiente. Lima.
- Ley 29338. (23 de marzo de 2009). Ley de Recursos Hídricos. Lima.
- López Pamo, E., Aduvirre, O. y Barrettino, D. (2002). Tratamientos pasivos de drenajes ácidos de mina: estado actual y perspectivas de futuro. Boletín Geológico y Minero, 113(1), 3-21. Obtenido de https://www.igme.es/Boletin/2002/113_1_2002/4-ARTICULO%20TRATAMIENTOS.pdf

- Ministerio de Energía y Minas. (1995). Guía ambiental para el manejo de drenaje ácido de mina. Lima. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5217272/Gu%C3%ADa%20Ambiental%20para%20el%20Manejo%20de%20Drenaje%20Acido%20de%20Minas.pdf?v=1696276281>
- Montesinos, M. (2017). Caracterización de efluentes de mina para elección la alternativa óptima de tratamiento. [Tesis de Grado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/7885>
- Moreno, A. (2017). Tratamiento de drenaje ácido de mina con el uso de zeolita natural a escala experimental. Obtenido de <https://orcid.org/0000-0001-6223-0141>
- Panduro, D. (2019). Estudio del tratamiento de aguas ácidas provenientes de los niveles (socavones) de una compañía minera. [Tesis de grado, Universidad de San Agustín de Arequipa]. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12773/11448>
- Pérez, L. (2005). Teoría de la sedimentación. *Journal del Instituto de Ingeniería Sanitaria y Ambiental*, 2, 10-11.
- Resolución Jefatural 010-2016-ANA (Autoridad Nacional del Agua). (11 de enero de 2016). Protocolo Nacional para el Monitoreo de los Recursos Hídricos Superficiales. Lima.
- Resolución Ministerial 224-2018-MEM/DM del Ministerio de Energía y Minas. (12 de junio de 2018). Actualizan el inventario inicial de Pasivos Ambientales Mineros. Lima.
- Sociedad Nacional de Mineros Petroleo y Energia. (26 de agosto de 2020). Estudios de impacto ambiental: elaboración y características. Lima. Obtenido de <https://studylib.es/doc/7225381/estudios-de-impacto-ambiental---elaboraci%C3%B3n-y-caracter%C3%ADst...>
- Zamora Echenique, G. &. (2022). Formación, prevención e innovación en el tratamiento de drenajes ácidos en operaciones mineras. *Revista de medio ambiente Minero y Minería*, 7(1), 4-21. Obtenido de http://www.scielo.org/bo/pdf/mamym/v7n1/v7n1_a01.pdf

ANEXOS

ANEXO 01

MATRIZ DE CONSISTENCIA

		DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	TÈCNICA DE RECOLECCIÓN	INSTRUMENTO
VARIABLE INDEPENDIENTE	X1: Dosificación de solución de Hidróxido de Calcio.	Se realizará pruebas de eficiencia de neutralización y reacción.	Grado de efectividad	* % de concentración de la solución de Hidróxido de Calcio.	* Parámetros químicos	* Multiparámetro (Hanna)
	X2: Dosificación de solución de floculante.	Se realizará pruebas de tiempos de sedimentación.	Grado de efectividad	* % de concentración de la solución de floculante.	* Parámetros químicos	* Multiparámetro (Hanna)
VARIABLE DEPENDIENTE	Y1: Conductividad Eléctrica en el efluente de la bocamina 8766.	Se verificará y analizará los valores obtenidos de la conductividad eléctrica en el afluente y efluente.	* Reacción y evaluación	* Límites Máximos Permisibles *Calidad del afluente *Calidad del Efluente	* Parámetros químicos	* Multiparámetro (Hanna)
	Y2: Concentración de sólidos totales en suspensión en el efluente de la bocamina 8766.	Se verificará y analizará los valores obtenidos de los sólidos totales en suspensión en el afluente y efluente.	* Reacción y evaluación	* Límites Máximos Permisibles *Calidad del afluente *Calidad del Efluente	* Parámetros químicos	* Multiparámetro (Hanna)
	Y3: pH en efluente de la bocamina 8766.	Se verificará y analizará los valores obtenidos del pH en el afluente y efluente.	* Reacción y evaluación	* Límites Máximos Permisibles *Calidad del afluente *Calidad del Efluente	* Parámetros químicos	* Multiparámetro (Hanna)

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:

EFECTO DE LA DOSIFICACIÓN DE HIDRÓXIDO DE CALCIO Y FLOCULANTE EN LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA, SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS Y PH DE EFLUENTES DE LA BOCAMINA 8766 EN LA EX U.M. SAN ANTONIO DE ESQUILACHE, PUNO - 2023.

INVESTIGADOR: Bach. Hugo Alberto Quispe Quispe

0=Deficiente 1=Regular 2= Buena

ASPECTOS	INDICADORES	PREGUNTAS / ITEMS									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado.	2									
2. OBJETIVIDAD	Esta expresado en conductas observadas.		2								
3. ACTUALIDAD	Adecuado avance de la ciencia y la tecnología.			1							
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.				1						
5. SUFICIENCIA	Comprende aspectos en cantidad y calidad.					2					
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.						2				
7. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico científicos.							2			
8. COHERENCIA	Ente los índices, indicadores y las dimensiones.								2		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.									1	
10. OPORTUNIDAD	El instrumento ha sido aplicado en el momento oportuno o más adecuado.										2
TOTALES		2	2	1	2	2	2	2	1	1	2

APELLIDOS Y NOMBRES DEL VALIDADOR: Dr. Luis Rolando MURGA PAULINO

TÍTULO PROFESIONAL/GRADO ACADEMICO Y/O SEGUNDA ESPECIALIZACIÓN:
DOCTOR EN CIENCIAS E INGENIERIA

CARGO U OCUPACIÓN: DOCENTE PRINCIPAL

Pasco, 12 de noviembre del 2023

Puntaje total =TOTALES / 20


FIRMA
Dr. Luis Murga Paulino

LEYENDA:	00	-	05	DEFICIENTE ()
	06	-	10	REGULAR ()
	11	-	15	BUENO ()
	16	-	20	MUY BUENO (x)

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:

EFECTO DE LA DOSIFICACIÓN DE HIDRÓXIDO DE CALCIO Y FLOCULANTE EN LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA, SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS Y PH DE EFLUENTES DE LA BOCAMINA 8766 EN LA EX U.M. SAN ANTONIO DE ESQUILACHE, PUNO - 2023.

INVESTIGADOR: Bach. Hugo Alberto Quispe Quispe

0=Deficiente 1=Regular 2= Buena

ASPECTOS	INDICADORES	PREGUNTAS / ITEMS												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado.	2												
2. OBJETIVIDAD	Esta expresado en conductas observadas.		1											
3. ACTUALIDAD	Adecuado avance de la ciencia y la tecnología.			2										
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.				2									
5. SUFICIENCIA	Comprende aspectos en cantidad y calidad.					1								
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.						2							
7. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico científicos.							2						
8. COHERENCIA	Ente los índices, indicadores y las dimensiones.								2					
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.									2				
10. OPORTUNIDAD	El instrumento ha sido aplicado en el momento oportuno o más adecuado.												2	
TOTALES		2	1	2	2	1	2							

APELLIDOS Y NOMBRES DEL VALIDADOR: Mg. Silvia Jhissenia CHACON OMONTE

TÍTULO PROFESIONAL/GRADO ACADÉMICO Y/O SEGUNDA ESPECIALIZACIÓN:
MAESTRO EN GESTIÓN MINERA Y AMBIENTAL

CARGO U OCUPACIÓN: SUPERVISOR AMBIENTAL

Pasco, 12 de noviembre del 2023

Puntaje total =TOTALES / 20



FIRMA

LEYENDA:	00	-	05	DEFICIENTE ()
	06	-	10	REGULAR ()
	11	-	15	BUENO ()
	16	-	20	MUY BUENO (x)

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:

EFECTO DE LA DOSIFICACIÓN DE HIDRÓXIDO DE CALCIO Y FLOCULANTE EN LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA, SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS Y PH DE EFLUENTES DE LA BOCAMINA 8766 EN LA EX U.M. SAN ANTONIO DE ESQUILACHE, PUNO - 2023.

INVESTIGADOR: Bach. Hugo Alberto Quispe Quispe

0=Deficiente 1=Regular 2= Buena

ASPECTOS	INDICADORES	PREGUNTAS / ITEMS												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado.	2												
2. OBJETIVIDAD	Esta expresado en conductas observadas.		2											
3. ACTUALIDAD	Adecuado avance de la ciencia y la tecnología.			1										
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.				1									
5. SUFICIENCIA	Comprende aspectos en cantidad y calidad.					2								
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.						2							
7. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico científicos.							2						
8. COHERENCIA	Ente los índices, indicadores y las dimensiones.								2					
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.										1			
10. OPORTUNIDAD	El instrumento ha sido aplicado en el momento oportuno o más adecuado.													2
TOTALES		2	2	1	2	2	2	2	1	1	2			

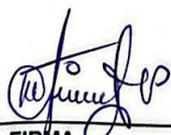
APELLIDOS Y NOMBRES DEL VALIDADOR: Mg. María Isabel VARGAS PAUCAR

TÍTULO PROFESIONAL/GRADO ACADEMICO Y/O SEGUNDA ESPECIALIZACIÓN:
MAESTRO EN GESTIÓN MINERA Y AMBIENTAL

CARGO U OCUPACIÓN: SUPERVISOR EVALUADOR DE IGAS

Pasco, 12 de noviembre del 2023

Puntaje total =TOTALES / 20


 FIRMA

LEYENDA:	00	-	05	DEFICIENTE ()
	06	-	10	REGULAR ()
	11	-	15	BUENO ()
	16	-	20	MUY BUENO (x)

ANEXO 02

INFORMES DE ENSAYO DE LABORATORIO

- **02.01 CADENA DE CUSTODIA**
- **02.02 AGUA TRATADA BOCAMINA 8766**
- **02.03 EFLUENTE MINERO 8766 - MEF-10**

02.01 CADENA DE CUSTODIA

	CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUA
L: FORM-142 R: 01 M: 2020-04-03	
Pág. ____ de ____	
Orden de servicio: _____ Plan de Monitoreo: _____ Informe de ensayo: _____ Procedencia o lugar de muestreo: SAN ANTONIO DE ESTUQUE / PUNO	

E	Punto de muestreo / Estación	Codigo de laboratorio	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA		UBICACIÓN		N° FRASCOS		PARÁMETROS DE ENSAYO						OBSERVACIONES
			Muestreo	Sub-grupo	Clasificación	Coordenadas (UTM)	V	P	Preservante	NaOH	NaOH 1%	HCl	HNO3	HNO3 1%	
1	HLEF - 10		F: 22/04/2020 H: 15:10	INDUSTRIAL		N: 8219095 E: 3621163	1	6	NaOH	NaOH 1%	HCl	HNO3	HNO3 1%	T° Agua: 11.9 pH: 7.72 CE: 1431 OD: - Cloro Libre: - Cloro Total: -	
2	10 5766		F: 22/04/2020 H: 15:00	INDUSTRIAL		N: 8219251 E: 3621152	3	3	NaOH	NaOH 1%	HCl	HNO3	HNO3 1%	T° Agua: 11.4 pH: 6.03 CE: 2186 OD: - Cloro Libre: - Cloro Total: -	
3			F: _____ H: _____			N: _____ E: _____									
4			F: _____ H: _____			N: _____ E: _____									
5			F: _____ H: _____			N: _____ E: _____									
6			F: _____ H: _____			N: _____ E: _____									
7			F: _____ H: _____			N: _____ E: _____									
8			F: _____ H: _____			N: _____ E: _____									

Descripción de equipos utilizados: Nombre de equipo: _____ Item: _____ 1: _____ 2: _____ 3: _____ 4: _____	Legenda H: Fecha H: Hora E: Este V: Vidrio P: Plástico T° Agua: Temperatura de Muestra T° Amb: Temperatura ambiente	Clasificación de la Matriz Agua, Ref: NTP 214.042 GRUPO: _____ AN: Agua Residual AF: Agua Potable AH: Agua para Uso y Bebida (Piscina, Mero, Embarcación) AS: Agua Salada AP: Agua de Proceso
Nombre: _____ Fecha: _____ Firma: _____	Cliente: Hugo Quipe Quipe (Firma)	Ilustrado por: _____ Ilustrado por: <input type="checkbox"/> ALAB <input checked="" type="checkbox"/> Cliente
Observaciones / Comentarios _____ _____ _____		

Documento controlado. Prohibida su reproducción parcial o total sin autorización de ALAB.

02.02. INFORMES DE ENSAYO DEL AGUA TRATADA BOCAMINA 8766



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

ITEM	1	2	3
CÓDIGO DE LABORATORIO			M-23-65334
CÓDIGO DEL CLIENTE:			ID 8766
COORDENADAS:			E:0362168
UTM WGS 84:			N:8217098
PRODUCTO:	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual
SUB PRODUCTO:	Agua Residual Industrial	Agua Residual Industrial	Agua Residual Industrial
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA		
FECHA y HORA DE MUESTREO:			27-09-2023 15:00

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS		
Europio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Fosforo (*)	mg/L	0.002	0.006	0.167	0.425	0.191
Gadolinio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Gafio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Germanio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Hafnio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Hierro (*)	mg/L	0.001	0.002	32.532	164.622	74.265
Holmio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Indio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Itterbio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Itrio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Lantano (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Lítio (*)	mg/L	0.00003	0.00010	0.03190	0.03190	0.04800
Lutecio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Magnesio (*)	mg/L	0.0006	0.0020	47.7790	53.1663	92.0276
Manganeso (*)	mg/L	0.00002	0.00005	143.53400	134.63500	49.32470
Mercurio (*)	mg/L	0.000033	0.000100	<0.000100	<0.000100	<0.000100
Molibdeno (*)	mg/L	0.0003	0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010
Neodimio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Niobio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Niquel (*)	mg/L	0.0001	0.0004	0.1093	0.1532	0.0373
Plata (*)	mg/L	0.0003	0.0010	2.5930	2.4250	0.9000
Plomo (*)	mg/L	0.0008	0.0010	0.0822	0.2395	0.0796
Potasio (*)	mg/L	0.003	0.010	3.319	4.799	4.234
Praseodimio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Renio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado

SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chalaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0756
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

SEDE AREQUIPA
COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

SEDE PIURA
Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
Castilla - Piura
Telf.: (+073) 542 335
Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pág.6 de 7

ITEM				1	2	3
CÓDIGO DE LABORATORIO						M-23-65334
CÓDIGO DEL CLIENTE:						ID 8766
COORDENADAS:						E:0362168
UTM WGS 84:						N:8217098
PRODUCTO:				Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual
SUB PRODUCTO:				Agua Residual Industrial	Agua Residual Industrial	Agua Residual Industrial
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA		
FECHA y HORA DE MUESTREO:						27-09-2023 15:00
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS		
Titanio (*)	mg/L	0.0003	0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010
Torio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Uranio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Vanadio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Wolframio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Zinc (*)	mg/L	0.00005	0.00020	<0.00020	<0.00020	<0.00020
Zirconio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Metales Totales ICP-MS						
Aluminio (*)	mg/L	0.001	0.003	2.207	12.090	0.740
Antimonio (*)	mg/L	0.0006	0.0020	0.0163	0.0160	0.0375
Arsénico (*)	mg/L	0.0002	0.0010	<0.0010	<0.0010	0.0395
Azufre (**)	mg/L			-	-	-
Bario (*)	mg/L	0.00008	0.00030	0.01420	0.02650	0.01270
Berilio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	0.0026	0.0044	<0.0003
Bismuto (*)	mg/L	0.003	0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Boro (*)	mg/L	0.0003	0.0010	<0.0010	<0.0010	0.0332
Cadmio (*)	mg/L	0.0001	0.0002	0.1002	0.0519	0.0451
Calcio (*)	mg/L	0.001	0.004	121.905	184.406	381.877
Cerio (*)	mg/L	0.003	0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Cesio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Cobalto (*)	mg/L	0.0005	0.0020	0.1448	0.2583	0.0616
Cobre (*)	mg/L	0.0001	0.0002	0.2209	0.0255	0.0054
Cromo (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Erbio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Estaño (*)	mg/L	0.0003	0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010
Estroncio (*)	mg/L	0.00002	0.00005	0.68260	0.99720	2.58950

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

(**) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<=" Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<" Menor que el L.D.M.

**=: No ensayado

ITEM	1	2	3			
CÓDIGO DE LABORATORIO			M:23-65334			
CÓDIGO DEL CLIENTE:			ID 8766			
COORDENADAS:			E:0362168			
UTM WGS 84:			N:8217098			
PRODUCTO:	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual			
SUB PRODUCTO:	Agua Residual Industrial	Agua Residual Industrial	Agua Residual Industrial			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA					
FECHA y HORA DE MUESTREO:			27-09-2023 15:00			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS		
Iturbio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Itrio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Lantano (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Litio (*)	mg/L	0.00003	0.00010	0.15740	0.15680	<0.00010
Lutecio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Magnesio (*)	mg/L	0.0006	0.0020	52.1861	53.6910	<0.0020
Manganeso (*)	mg/L	0.00002	0.00005	0.12390	0.08770	<0.00005
Mercurio (*)	mg/L	0.000033	0.000100	<0.000100	<0.000100	<0.000100
Molibdeno (*)	mg/L	0.0003	0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010
Neodimio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Niobio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Niquel (*)	mg/L	0.0001	0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Plata (*)	mg/L	0.0003	0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010
Plomo (*)	mg/L	0.0008	0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010
Potasio (*)	mg/L	0.003	0.010	14.507	14.781	<0.010
Praseodimio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Renio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Rubidio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Samario (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Selenio (*)	mg/L	0.001	0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Silice (**)	mg/L	0.0002	0.0007	25.4023	26.5599	<0.0007
Silicio (*)	mg/L	0.0002	0.0007	11.8544	12.3946	<0.0007
Sodio (*)	mg/L	0.0003	0.0010	258.4862	263.8492	<0.0010
Talio (*)	mg/L	0.0001	0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Tántalo (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Telurio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

(**) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chalaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0756
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

SEDE AREQUIPA
COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

SEDE PIURA
Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
Castilla - Piura
Telf.: (+073) 542 335
Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pág.4 de 7

IV. RESULTADOS

ITEM	1	2	3			
CÓDIGO DE LABORATORIO			M-23-65334			
CÓDIGO DEL CLIENTE:			ID 8766			
COORDENADAS:			E:0362168			
UTM WGS 84:			N:8217098			
PRODUCTO:	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual			
SUB PRODUCTO:	Agua Residual Industrial	Agua Residual Industrial	Agua Residual Industrial			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA					
FECHA y HORA DE MUESTREO :			27-09-2023 15:00			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS		
Sólidos Suspendidos Totales (*)	mg/L	2.0	5.0	29.2	24.8	39.4
Metales Disueltos ICP-MS						
Aluminio (*)	mg/L	0.001	0.003	0.115	<0.003	<0.003
Antimonio (*)	mg/L	0.001	0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Arsénico (*)	mg/L	0.0002	0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010
Bario (*)	mg/L	0.00008	0.00030	0.10260	0.10290	<0.00030
Berilio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Bismuto (*)	mg/L	0.003	0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Boro (*)	mg/L	0.0003	0.0010	2.0068	2.1026	<0.0010
Cadmio (*)	mg/L	0.00005	0.00020	<0.00020	<0.00020	<0.00020
Calcio (*)	mg/L	0.001	0.004	313.244	319.065	<0.004
Cerio (*)	mg/L	0.003	0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Cesio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Cobalto (*)	mg/L	0.0005	0.0020	<0.0020	<0.0020	<0.0020
Cobre (*)	mg/L	0.00005	0.00020	<0.00020	<0.00020	<0.00020
Cromo (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Erbio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Estañio (*)	mg/L	0.0003	0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010
Estroncio (*)	mg/L	0.00002	0.00005	1.79950	1.82380	<0.00005
Europio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Fosforo (*)	mg/L	0.002	0.006	0.051	0.043	<0.006
Gadolinio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Galio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Germanio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Hafnio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Hierro (*)	mg/L	0.001	0.002	0.173	0.020	<0.002
Holmio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Indio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, " $<$ "= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, " $<$ "= Menor que el L.D.M.

SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chalaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0756
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

SEDE AREQUIPA
COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

SEDE PIURA
Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
Castilla - Piura
Telf.: (+073) 542 335
Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pág.3 de 7

ITEM				1	2	3
CÓDIGO DE LABORATORIO						M-23-65334
CÓDIGO DEL CLIENTE:						ID 8766
COORDENADAS:						E:0362168
UTM WGS 84:						N:8217098
PRODUCTO:				Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual
SUB PRODUCTO:				Agua Residual Industrial	Agua Residual Industrial	Agua Residual Industrial
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA		
FECHA y HORA DE MUESTREO:						27-09-2023 15:00
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS		
Rubidio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Samarío (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Selenio (*)	mg/L	0.001	0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Sílice (**)	mg/L	0.001	0.002	37.443	33.444	24.004
Silicio (*)	mg/L	0.0002	0.0007	17.4735	15.6073	11.2017
Sodio (*)	mg/L	0.0003	0.0010	8.6383	14.8109	36.6749
Talio (*)	mg/L	0.0001	0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Tántalo (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Telurio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Titanio (*)	mg/L	0.0003	0.0010	<0.0010	0.0155	<0.0010
Torio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Uranio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Vanadio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Wolframio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Zinc (*)	mg/L	0.0001	0.0002	34.4712	45.7814	28.6447
Zirconio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

(**) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

02.03. INFORMES DE ENSAYO DEL EFLUENTE MINERO 8766 – MEF 10



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

ITEM				1	2	3
CÓDIGO DE LABORATORIO						M-23-65331
CÓDIGO DEL CLIENTE:						MEF-10
COORDENADAS:						0362168
UTM WGS 84:						8217098
PRODUCTO:				Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual
SUB PRODUCTO:				Agua Residual Industrial	Agua Residual Industrial	Agua Residual Industrial
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA		
FECHA y HORA DE MUESTREO:						27-09-2023 15:10
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS		
Cobre (*)	mg/L	0.0001	0.0002	<0.0002	0.0057	0.0018
Cromo (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Erbio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Estaño (*)	mg/L	0.0003	0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010
Estroncio (*)	mg/L	0.00002	0.00005	1.03840	0.73540	2.18940
Europio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Fosforo (*)	mg/L	0.002	0.006	0.039	1.796	0.059
Gadolinio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Gaio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Germanio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Hafnio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Hierro (*)	mg/L	0.001	0.002	0.413	0.241	2.166
Holmio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Indio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Iterbio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Itrio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Lantano (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Litio (*)	mg/L	0.00003	0.00010	0.03010	0.02980	0.04320
Lutecio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Magnesio (*)	mg/L	0.0006	0.0020	21.2504	40.0263	80.9395
Manganeso (*)	mg/L	0.00002	0.00005	6.06330	50.65060	22.34200
Mercurio (*)	mg/L	0.000033	0.000100	<0.000100	<0.000100	<0.000100
Molibdeno (*)	mg/L	0.0003	0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010
Neodimio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Niobio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Niquel (*)	mg/L	0.0001	0.0004	<0.0004	0.0057	<0.0004

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado

📍 SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chalaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0756
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

📍 SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

📍 SEDE AREQUIPA
COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

📍 SEDE PIURA
Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
Castilla - Piura
Telf.: (+073) 542 335
Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pág.6 de 7

ITEM				1	2	3
CÓDIGO DE LABORATORIO						M-23-65331
CÓDIGO DEL CLIENTE:						MEF-10
COORDENADAS:						0362168
UTM WGS 84:						8217098
PRODUCTO:				Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual
SUB PRODUCTO:				Agua Residual Industrial	Agua Residual Industrial	Agua Residual Industrial
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA		
FECHA y HORA DE MUESTREO:						27-09-2023 15:10
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS		
Silice (**)	mg/L	0.0002	0.0007	1.2613	3.9160	15.3183
Silicio (*)	mg/L	0.0002	0.0007	0.5886	1.8275	7.1485
Sodio (*)	mg/L	0.0003	0.0010	14.7736	13.5456	32.2460
Talio (*)	mg/L	0.0001	0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Tántalo (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Telurio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Titanio (*)	mg/L	0.0003	0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010
Torio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	0.1261	0.2172
Uranio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Vanadio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Wolframio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Zinc (*)	mg/L	0.00005	0.00020	0.11077	0.48840	0.32757
Zirconio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Metales Totales ICP-MS						
Aluminio (*)	mg/L	0.001	0.003	2.917	0.103	0.024
Antimonio (*)	mg/L	0.0006	0.0020	<0.0020	<0.0020	0.0261
Arsénico (*)	mg/L	0.0002	0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010
Bario (*)	mg/L	0.00008	0.00030	0.01500	0.02510	0.00840
Berilio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Bismuto (*)	mg/L	0.003	0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Boro (*)	mg/L	0.0003	0.0010	0.0525	0.0245	0.1115
Cadmio (*)	mg/L	0.0001	0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Calcio (*)	mg/L	0.001	0.004	445.096	269.371	520.190
Cerio (*)	mg/L	0.003	0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Cesio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Cobalto (*)	mg/L	0.0005	0.0020	<0.0020	0.0080	0.0051

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

(**) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<=" Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<" Menor que el L.D.M.

*.": No ensayado

ITEM	1	2	3			
CÓDIGO DE LABORATORIO			M-23-65331			
CÓDIGO DEL CLIENTE:			MEF-10			
COORDENADAS:			0362168			
UTM WGS 84:			8217098			
PRODUCTO:	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual			
SUB PRODUCTO:	Agua Residual Industrial	Agua Residual Industrial	Agua Residual Industrial			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA					
FECHA y HORA DE MUESTREO:			27-09-2023 15:10			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS		
Galio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Germanio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Hafnio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Hierro (*)	mg/L	0.001	0.002	0.392	0.227	2.025
Holmio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Indio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Iterbio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Itrio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Lantano (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Litio (*)	mg/L	0.00003	0.00010	0.03010	0.02870	0.04320
Lutecio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Magnesio (*)	mg/L	0.0006	0.0020	21.0897	39.2995	77.5005
Manganeso (*)	mg/L	0.00002	0.00005	5.89950	49.47080	20.75300
Mercurio (*)	mg/L	0.000033	0.000100	<0.000100	<0.000100	<0.000100
Molibdeno (*)	mg/L	0.0003	0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010
Neodimio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Niobio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Niquel (*)	mg/L	0.0001	0.0004	<0.0004	0.0049	<0.0004
Plata (*)	mg/L	0.0003	0.0010	0.0910	0.8940	0.4357
Plomo (*)	mg/L	0.0008	0.0010	<0.0010	0.0065	<0.0010
Potasio (*)	mg/L	0.003	0.010	4.834	3.460	4.528
Praseodimio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Renio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Rubidio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Samario (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Selenio (*)	mg/L	0.001	0.002	<0.002	<0.002	<0.002

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado

IV. RESULTADOS

ITEM	1	2	3			
CÓDIGO DE LABORATORIO			M-23-65331			
CÓDIGO DEL CLIENTE:			MEF-10			
COORDENADAS:			0362168			
UTM WGS 84:			8217098			
PRODUCTO:	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual			
SUB PRODUCTO:	Agua Residual Industrial	Agua Residual Industrial	Agua Residual Industrial			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA					
FECHA y HORA DE MUESTREO :			27-09-2023 15:10			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS		
Cianuro Total (*)	mg/L	0.0005	0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010
Aceites y Grasas (*)	mg/L	1.40	5.00	<5.00	<5.00	<5.00
Sólidos Suspendidos Totales (*)	mg/L	2.0	5.0	6.8	13.5	22.4
Sólidos Totales Disueltos (*)	mg/L	2	5	-	857	1,403
Cromo Hexavalente (*)	mg/L	0.004	0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Metales Disueltos ICP-MS						
Aluminio (*)	mg/L	0.001	0.003	2.847	0.091	0.023
Antimonio (*)	mg/L	0.001	0.002	<0.002	<0.002	0.026
Arsénico (*)	mg/L	0.0002	0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010
Bario (*)	mg/L	0.00008	0.00030	0.01500	0.02490	0.00810
Berilio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Bismuto (*)	mg/L	0.003	0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Boro (*)	mg/L	0.0003	0.0010	0.0498	0.0232	0.1055
Cadmio (*)	mg/L	0.00005	0.00020	<0.00020	<0.00020	<0.00020
Calcio (*)	mg/L	0.001	0.004	428.047	257.619	518.359
Cerio (*)	mg/L	0.003	0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Cesio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Cobalto (*)	mg/L	0.0005	0.0020	<0.0020	0.0076	0.0049
Cobre (*)	mg/L	0.00005	0.00020	<0.00020	0.00511	0.00170
Cromo (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Erbio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Estaño (*)	mg/L	0.0003	0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010
Estroncio (*)	mg/L	0.00002	0.00005	1.03540	0.72280	2.10260
Europio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Fosforo (*)	mg/L	0.002	0.006	0.035	1.595	0.059
Gadolinio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado

SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chalaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0756
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

SEDE AREQUIPA
COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

SEDE PIURA
Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
Castilla - Piura
Telf.: (+073) 542 335
Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pág.3 de 7

ITEM				1	2	3
CÓDIGO DE LABORATORIO						M-23-65331
CÓDIGO DEL CLIENTE:						MEF-10
COORDENADAS:						0362168
UTM WGS 84:						8217098
PRODUCTO:				Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual
SUB PRODUCTO:				Agua Residual Industrial	Agua Residual Industrial	Agua Residual Industrial
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA		
FECHA y HORA DE MUESTREO:						27-09-2023 15:10
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS		
Plata (*)	mg/L	0.0003	0.0010	0.0990	0.9400	0.5060
Plomo (*)	mg/L	0.0008	0.0010	<0.0010	0.0076	<0.0010
Potasio (*)	mg/L	0.003	0.010	4.864	4.012	4.781
Praseodimio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Renio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Rubidio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Samario (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Selenio (*)	mg/L	0.001	0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Silíce (**)	mg/L	0.001	0.002	1.449	4.085	15.847
Silicio (*)	mg/L	0.0002	0.0007	0.6760	1.9061	7.3952
Sodio (*)	mg/L	0.0003	0.0010	14.7736	14.8289	33.9905
Talio (*)	mg/L	0.0001	0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Tántalo (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Telurio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Titanio (*)	mg/L	0.0003	0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010
Torio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	0.1293	0.2234
Uranio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Vanadio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Wolframio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Zinc (*)	mg/L	0.0001	0.0002	0.1271	0.5613	0.3520
Zirconio (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

(**) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

**=: No ensayado

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

📍 **SEDE PRINCIPAL**
Av. Guardia Chalaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0756
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

📍 **SEDE ZARUMILLA**
Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

📍 **SEDE AREQUIPA**
COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

📍 **SEDE PIURA**
Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
Castilla - Piura
Telf.: (+073) 542 335
Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pág.7 de 7

ANEXO 03

**LÍMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA LA DESCARGA DE EFLUENTES
LÍQUIDOS DE ACTIVIDADES MINERO - METALÚRGICAS**

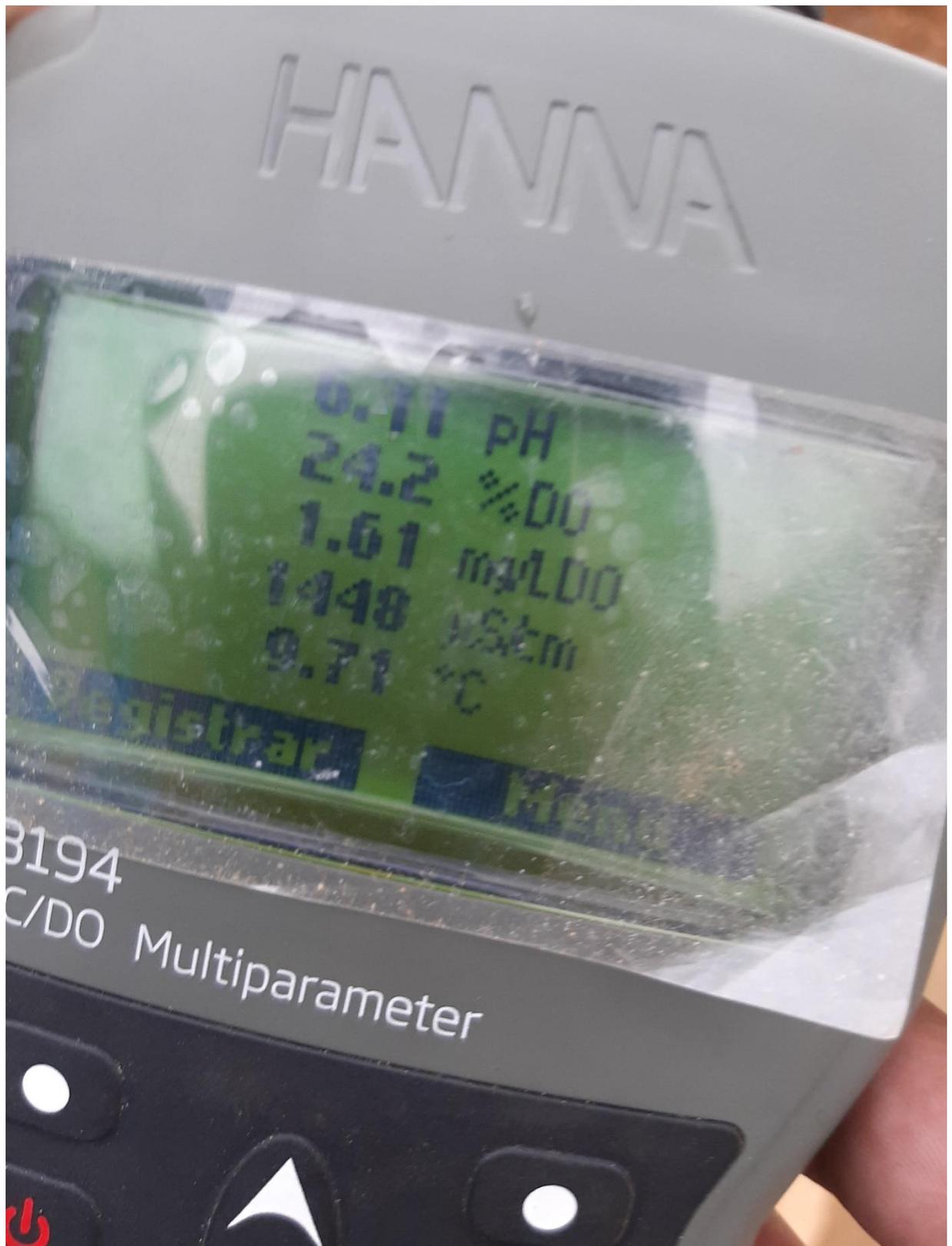
D.S. N° 010-2010-MINAM

**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES
PARA LA DESCARGA DE EFLUENTES LÍQUIDOS DE
ACTIVIDADES MINERO - METALÚRGICAS**

Parámetro	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	0,1	0,08
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

ANEXO 04
REGISTRO FOTOGRÁFICO

Fotografía 1. Lectura de pH del efluente tratado de la bocamina 8766 en el día 27/09/2023 con una concentración de hidróxido de Calcio al 5%.



Fotografía 2. Lectura de pH del efluente tratado de la bocamina 8766 en el día 24/09/2023 con una concentración de hidróxido de Calcio al 8%.



Fotografía 4. *Bocamina 8766 en la ex U.M. San Antonio de Esquilache*



Fotografía 3. *Efluente de mina, bocamina 8766*

