

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Optimización del tratamiento de las aguas residuales  
industriales generadas en el proceso de explotación  
minera subterránea (nivel 10) de la compañía minera  
Casapalca S. A. - U.E.A. Americana en el año 2017**

Mijael Caballón Quispe

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Ambiental

Huancayo, 2020

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



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

## **ASESOR**

Ing. Roly Jaime Nuñez Nuñez

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar quiero agradecer a la Universidad Continental por ser el soporte principal a lo largo de mi formación profesional, en especial a la E.A.P. de Ingeniería Ambiental; de igual manera quiero agradecer a la Compañía Minera Casapalca S.A., por demostrar un verdadero interés por la preservación del medio ambiente así como por dejar que desarrolle la presente en sus instalaciones; de igual modo al laboratorio acreditado de la empresa J.Ramón del Perú S.A.C. por brindarme el soporte necesario respecto del análisis de las muestras recolectadas en campo respecto del nivel 10 y 18 del interior mina de la empresa en mención.

De manera especial, deseo agradecer al Ing. Roly Jaime Nuñez Nuñez por la asesoría brindada para la presente investigación, puntualmente por su paciencia y manera de impartir conocimientos de manera asertiva a lo largo del proceso de la investigación; de igual modo al Ing. Renán Fernández, Jefe de Medio Ambiente y Obras Civiles de la Compañía Minera Casapalca S.A., por su apoyo incondicional con el desarrollo de la presente desde el enfoque técnico de campo y por su interés en el cumplimiento de los compromisos ambientales propios de la organización empresarial. Igualmente, agradezco a los jurados de la presente investigación: Ing. Carmencita Lavado, Ing. Anieval Peña e Ing. Pablo Espinoza, que contribuyeron con sus aportes a la mejora de la tesis.

## **DEDICATORIA**

Dedico la presente investigación de manera especial a mi familia, amigos y colegas que cada día me demuestran su estima y me dan fuerzas para seguir adelante en el proceso de la vida cotidiana.

# ÍNDICE

ASESOR.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
ÍNDICE .....	v
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT .....	xi
INTRODUCCIÓN.....	xii
CAPÍTULO I.....	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema .....	1
1.1.1. Planteamiento del problema .....	1
1.1.2. Formulación del problema .....	4
1.2. Objetivos .....	5
1.2.1. Objetivo general .....	5
1.2.2. Objetivos específicos.....	5
1.3. Justificación e importancia.....	6
1.3.1. Justificación práctica.....	6
1.3.2. Justificación metodológica.....	6
1.3.3. Justificación científica .....	7
1.3.4. Importancia.....	7
1.4. Hipótesis y variables.....	8
1.4.1. Hipótesis nula.....	8
1.4.2. Hipótesis alterna.....	8
1.4.3. Hipótesis específicas.....	8
1.4.4. Operacionalización de las variables.....	9

CAPÍTULO II.....	11
2.1. Antecedentes de la investigación.....	11
2.1.1. Antecedentes encontrados en artículos científicos .....	11
2.1.2. Antecedentes encontrados en tesis .....	14
2.1.3. Antecedentes encontrados en artículos de divulgación .....	16
2.2. Bases teóricas .....	17
2.2.1. Fundamentos teóricos de la investigación .....	18
2.2.2. Fundamentos metodológicos de la investigación .....	24
2.2.3. Modelo teórico de la investigación .....	33
2.3. Definición de términos .....	33
CAPÍTULO III.....	35
3.1. Método, tipo y nivel de la investigación.....	35
3.1.1. Métodos de la investigación.....	35
4. Preparación y dosificación de reactivos en el tratamiento de agua residual industrial en interior mina.....	37
3.1.2. Tipo de la investigación .....	38
3.1.3. Nivel de la investigación .....	39
3.2. Diseño de la investigación .....	39
3.3. Población y muestra .....	39
3.3.1. Población.....	39
3.3.2. Muestra .....	40
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	41
3.4.1. Técnicas de recolección de datos.....	41
3.4.2. Instrumentos de recolección de datos.....	41
3.5. Técnicas de análisis y procesamiento de datos .....	42
CAPÍTULO IV .....	43
4.1. Resultados de la investigación.....	43
4.1.1. Prueba de hipótesis.....	48

4.2. Discusión de resultados.....	54
CONCLUSIONES .....	57
RECOMENDACIONES.....	58
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
ANEXOS.....	62



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01. Balance hídrico de la biosfera (en miles de billones de metros cúbicos).....	18
Figura 02. Relación entre el coste total y tipo de tratamiento.....	23
Figura 03. Parámetros que se determinan en campo y en laboratorio respecto de la actividad minera.....	26
Figura 04. Representación de la coagulación.....	28
Figura 05. Clasificación del agua según su comportamiento en la coagulación.....	29
Figura 06. Condiciones de mezcla.....	30
Figura 07. Representación fotográfica de la prueba de jarras a nivel tecnológico.....	32
Figura 08. Representación gráfica del valor obtenido para sólidos suspendidos totales tras la optimización de la dosificación de los reactivos y su comparativa con el límite máximo permisible.....	46
Figura 09. Representaciones gráficas de la reducción del consumo y costos de los reactivos usados en la optimización del tratamiento de las aguas residuales.....	47
Figura 10. Cuadro de la relación entre el MT 8834 – Coagulante (Superpac) y la turbidez.....	48
Figura 11. Prueba de normalidad estadística para la relación entre MT 8834 – Coagulante (Superpac) y la turbidez.....	48
Figura 12. Representación de la regresión exponencial para la relación del MT 8834 – Coagulante (Superpac) y la turbidez.....	49
Figura 13. Prueba de correlación para el coagulante.....	49
Figura 14. Representación de la prueba de ANOVA para el coagulante.....	50
Figura 15. Cuadro de la relación entre el MT 6506 – Flocculante y la turbidez.....	51
Figura 16. Prueba de normalidad estadística para la relación entre MT 6506 – Flocculante y la turbidez.....	51
Figura 17. Representación de la regresión exponencial para la relación del MT 6506 – Flocculante y la turbidez.....	51
Figura 18. Prueba de correlación para el flocculante.....	52
Figura 19. Representación de la prueba de ANOVA para el flocculante.....	52
Figura 20. Representación de la correlación entre la turbidez y los sólidos suspendidos totales.....	53

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01. Descripción y operacionalización de las variables de estudio.....	9
Tabla 02. Contaminantes presentes en el agua.....	19
Tabla 03. Desechos líquidos de importancia generados en las actividades mineras.....	21
Tabla 04. Mecanismos de formación de aguas ácidas.....	21
Tabla 05. Tipos de tratamiento de aguas residuales.....	22
Tabla 06. Efectos tóxicos de las aguas residuales industriales.....	24
Tabla 07. Parámetros que exige el protocolo de monitoreo de recursos hídricos respecto de la caracterización de efluentes.....	25
Tabla 08. Actividades específicas acorde al monitoreo de los recursos hídricos.....	27
Tabla 09. Consideraciones de preservación, identificación y conservación de muestras de agua tomadas en campo.....	27
Tabla 10. Floculantes utilizados comúnmente según su naturaleza.....	31
Tabla 11. Puntos de monitoreo de agua respecto del nivel 10, 18 y parámetros a analizar respecto del lugar de muestreo.....	40
Tabla 12. Resultados de la prueba de jarras.....	43
Tabla 13. Resultados de la prueba de jarras nivel 18 (test seleccionados).....	44
Tabla 14. Concentraciones estimadas respecto de la estación de monitoreo EF-4 tras la optimización del tratamiento de las aguas residuales industriales generadas en correspondencia.....	45
Tabla 15. Consumo semanal, mensual y gráfica de eficiencia para el MT-8834 (Superpac) y el MT-6206 (floculante) antes y después del proceso de optimización.....	46

## RESUMEN

**Objetivo:** Determinar la relación de la turbidez y los sólidos suspendidos totales asociado a la optimización del tratamiento de las aguas residuales industriales generadas en el proceso de explotación minera subterránea (nivel 10) de la Compañía Minera Casapalca S.A. – U.E.A. Americana en el año 2017. **Métodos:** Investigación deductiva, de tipo aplicada y de diseño pre-experimental. El método específico estuvo basado en el análisis observacional. Se analizaron 7 puntos de muestreo del Nivel 10 (respecto del control de vertimiento), así también del Nivel 18. La recolección de datos fue mediante la técnica de la entrevista y el muestreo de efluentes de interior mina. Se utilizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk así también el análisis de regresión, correlación y ANOVA. **Resultados** La cantidad óptima a aplicar mensualmente de coagulante MT-8834 (Superpac) fue de 84 kg y del floculante MT-6506 fue de 42 kg, obteniendo una optimización en la reducción de la utilización de dichos reactivos en proporciones de 4:1 y 3:1 respectivamente y por consiguiente influye en la optimización del tratamiento de las aguas residuales industriales generadas respecto del punto de control EF-4. **Conclusiones:** La aplicación de un método basado en la dosificación adecuada de los reactivos MT-Floculante y Superpac estimada en función de la prueba de jarras y la caracterización del efluente estableció una relación significativa entre la turbidez y los sólidos suspendidos totales ( $r^2 = 0.9602$ ) tras la optimización del tratamiento de las aguas residuales industriales generadas en el proceso de explotación minera subterránea (nivel 10) de la Compañía Minera Casapalca S.A. – U.E.A. Americana en el año 2017.

**Palabras clave:** agua residual, minería subterránea, Sólidos Suspendidos Totales, turbidez, prueba de jarras, Superpac, MT-Floculante.

## ABSTRACT

**Objective:** To determine the relationship of turbidity and total suspended solids associated with the optimization of the treatment of industrial wastewater generated in the process of underground minera exploitation (level 10) of Compañía Minera Casapalca S.A. - U.E.A. American in 2017. **Methods:** Deductive research, applied type and pre-experimental design. The specific method was based on observational analysis. Seven sampling points of Level 10 (regarding the control of dumping) were analyzed, as well as Level 18. Data collection was carried out using the interview technique and the sampling of effluents from the interior mine. The Shapiro-Wilk normality test was used as well as the regression, correlation and ANOVA analysis. **Results.** The optimal amount to apply monthly coagulant MT-8834 (Superpac) was 84 kg and the flocculant MT-6506 was 42 kg, obtaining an optimization in the reduction of the use of said reagents in proportions of 4:1 and 3:1 respectively and therefore influences the optimization of the treatment of industrial wastewater generated with respect to the EF-4 control point. **Conclusions:** The application of a method based on the adequate dosage of the MT-Flocculant and Superpac reagents estimated based on the jug test and the effluent characterization established a significant relationship between turbidity and total suspended solids ( $r^2 = 0.9602$ ) after optimization of the treatment of industrial wastewater generated in the underground minera exploitation process (level 10) of the Minera Casapalca SA Company - U.E.A. Americana in the year 2017.

**Key words:** wastewater, underground mining, total suspended solids, turbidity, jar test, Superpac, MT-Flocculant.

# INTRODUCCIÓN

Las actividades extractivas de recursos no renovables, como es la actividad minera propiamente dicha, conlleva a formular supuestos relacionados al impacto de los componentes y factores ambientales de manera significativa; a nivel nacional se viene dando a través de los años una mayor rigurosidad respecto de los estándares y límites permisibles respecto de los contaminantes que se generan como tal en dichas actividades, sin embargo, el propio interés de las empresas mineras en cumplir con sus compromisos ambientales delimitados por los Instrumentos de Gestión Ambiental realizados evidencian un potencial de intervención desde el punto de vista científico y académico; más allá de que las actividades de la industria minera se reflejen como netamente técnicas, el conocimiento científico ayuda a elevar la eficiencia respecto del cumplimiento de los mencionados compromisos, por tanto, representa un potencial de influencia directa sobre la productividad de la empresa.

Puntualmente en la presente investigación tiene como objetivo principal el determinar la relación de la turbidez y los Sólidos Suspendidos Totales (SST) asociado a la optimización del tratamiento de las aguas residuales industriales generadas en el proceso de explotación minera subterránea (nivel 10) de la Compañía Minera Casapalca S.A. – U.E.A. Americana en el año 2017.

En el capítulo I se expone al planteamiento del problema y su formulación, además de los objetivos de la investigación y sus respectivas hipótesis; las justificaciones también se enmarcan en dicho capítulo, así como también la importancia y la operacionalización de las variables.

En el capítulo II se detallan los antecedentes de la investigación, los fundamentos teóricos y metodológicos y la definición de términos; en el capítulo III se sustenta la metodología, el tipo y nivel de la investigación, así como el diseño de la misma, la población, muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de datos y la manera de análisis y procesamiento de éstos para finalmente presentar los resultados y su discusión en el capítulo IV.

Finalmente, se concluye que La aplicación de un método basado en la dosificación adecuada de los reactivos MT-Floculante y Superpac estimada en función de la prueba de jarras y la caracterización del efluente estableció una relación significativa entre la turbidez

y los Sólidos Suspendidos Totales ( $r^2 = 0.9602$ ) tras la optimización del tratamiento de las aguas residuales industriales generadas en el proceso de explotación minera subterránea (nivel 10) de la Compañía Minera Casapalca S.A. – U.E.A. Americana en el año 2017, así también se optimizó el costo de inversión de los reactivos al propiamente alcanzar valores que se encuentran por debajo de los Límites Máximos Permisibles (D.S. 010-2010-MINAM/Sólidos Totales en Suspensión: < 50 mg/L) tras la mencionada optimización.

El autor.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

### 1.1. Planteamiento y formulación del problema

#### 1.1.1. Planteamiento del problema

A nivel mundial se viene dando el agotamiento del recurso hídrico a causa de las actividades humanas (crecimiento demográfico y urbanístico) y factores naturales (cambio climático, variaciones de las condiciones naturales, etc.), y si bien el entorno social cada vez es más consciente respecto de su preservación, generando ideales de gestión integrada enfocadas en la promoción del “uso de tecnologías limpias, así como el incremento de la competitividad, calidad y productividad de las empresas y el tratamiento de las aguas servidas antes de su vertimiento a una fuente natural” al año 2016 y progresivamente al 2020 <sup>1, pág. 77</sup>, se mantienen aún políticas que a menudo no le dan la debida importancia a las acciones adecuadas desde el punto de vista de la adopción de buenas, u optimas, prácticas basadas en resultados obtenidos por la ciencia <sup>2</sup>. Para la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura <sup>3, pág. 19</sup> “la disponibilidad de agua también depende altamente de la calidad de agua; el agua de mala calidad no es apta para varios usos y el costo del tratamiento puede ser prohibitivo, agravando así la carga de la escasez económica del agua”; complementariamente a ello, IFPRI, citado por la organización anteriormente considerada <sup>3, pág. 19</sup>, hace mención que

“se prevé que el deterioro de la calidad del agua aumente rápidamente en los próximos decenios, lo que, a su vez, aumentará los riesgos para la salud humana, el desarrollo económico y los ecosistema”. Dentro de las actividades que potencialmente puedan deteriorar la calidad del recurso hídrico se tienen a las industriales; “con el desarrollo industrial se genera una serie de daños y perturbaciones, entre ellos la contaminación, que son una amenaza constante para el medio ambiente”, señala ALMAU <sup>4</sup>, pág. 5; complementariamente, enfatiza que “las industrias tienden a maximizar su producción, sus ventas y sus beneficios” y que por ello dejan de lado el tema ambiental respecto de la minimización de los daños hacia el ecosistema, sin embargo, en función de la normatividad de cada país, un grupo de éstas progresivamente evidencia compromisos, responsabilidad y conciencia, no obstante, tienden a ser ideales inadecuados y por tanto improductivos; de igual manera, considera que una de las actividades industriales más peligrosas o más contaminantes es la actividad minera por “la gran cantidad de residuos que se generan y a los elementos que los forman, estando principalmente compuestos por ácidos y metales fuertemente tóxicos para los organismos vivos” <sup>4</sup>, pág. 21; ello también concuerda con lo afirmado por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura <sup>3</sup>, pág. 19, que hace referencia a que las aguas residuales generadas en “la producción industrial, la minería y la esorrentía urbana” que no han recibido tratamiento alguno generan una cantidad considerable de contaminantes patógenos y químicos que tiende a incrementarse de manera insostenible.

Según Baquero et. al. <sup>5</sup>, pág. 45 “la prevención de la contaminación derivada de las actividades mineras se relaciona, estrechamente, con los métodos de explotación, el aporte de aguas (superficiales y subterráneas) y el tratamiento de las mismas”, y de igual modo, enfatizan que el método elegido para el tratamiento de las aguas ácidas de origen minero estará condicionado por las características (de composición) del efluente, así como de las condiciones físicas-espaciales y del carácter generativo del mismo (permanente o temporal). Interrelacionado a ello, principalmente por la ubicación geográfica de las industrias mineras, la preservación de la calidad de las aguas en las cabeceras de cuenca es fundamental para la subsistencia de la población residente en los valles costeros,



principalmente debido a que la captación del efluente, en la parte baja de la cuenca, es primordial para el abastecimiento de agua de fin poblacional y productiva, según lo señala Dourojenni <sup>6</sup>, además de que considera que el tratamiento a dicho efluente tiende a ser costoso por la carga de contaminantes, haciéndolo insostenible debido a que además el impacto no solo puede causar efectos en la salud de las personas sino también indirectamente “en los aspectos sociales, educacionales y turísticos de una economía”, según lo señalado por Morán <sup>7</sup>, pág. 62.

Complementariamente, El Comercio <sup>8</sup> considera lo mencionado por el gerente general de la entidad encargada en el tratamiento de potabilización del agua para la ciudad de Lima, la cual capta el recurso hídrico del río Rímac, que enfatiza que se tiene a 173 puntos de descarga de efluentes mineros industriales, lo cual “incrementa terriblemente” los costos de operación en la potabilización del agua; textualmente señala que “cada una de las industrias y comercios deben pagar sus costos ambientales, deben realizar un tratamiento ambiental antes de verter sus desechos”; entonces, es oportuno señalar que se tiene un problema directo empresarial, entorno a la productividad de las mismas, y además una potencial repercusión impactante en el entorno, siendo así necesaria la elección de un mecanismo adecuado que promueva sostenibilidad desde el punto de vista científico hacia el proceso y lo que deriva de ello.

Según Herrera y Millones <sup>9</sup>, pág. 44 “en el Perú existen, actualmente, muchas deficiencias e imperfecciones en el diseño institucional para asegurar el acceso a agua limpia, lo cual se evidencia en la conducta de algunos empresarios, que para maximizar su rentabilidad consideran únicamente sus costos privados de producción, omitiendo los costos sociales y ambientales”; sostienen dicha idea basándose en estudios que determinaron el excedente de contaminantes respecto de los Límites Máximos Permisibles establecidos por la normativa nacional, haciendo un énfasis en la unidad minera objeto de estudio de la presente investigación <sup>9</sup>, pág. 47: “la unidad Americana (Compañía Minera Casapalca S.A.) no supera el LMP promedio anual de los sólidos totales suspendidos”; ello concuerda con lo señalado por el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental <sup>10</sup>; pero no cuenta con una adecuada preparación y dosificación

de insumos utilizados en el tratamiento de sus aguas residuales industriales provenientes de actividades de perforación, voladura, relleno hidráulico y shotcrete; complementariamente a ello, el Ing. Renán Fernández (ver anexo 10), Jefe de Medio Ambiente y Obras Civiles de la compañía en mención, hace énfasis a que los esfuerzos por parte de la empresa vienen reflejándose tras el paso de los años, pero que sin embargo aún se tienen problemas respecto de los pasivos ambientales de diferentes niveles de explotación minera así como la dosificación inadecuada o empírica de los reactivos utilizados para el tratamiento del efluente, refiriendo que ello es realizado por cumplir con la normativa vigente de manera puntual y que es necesario el evaluar, investigar y potencialmente solucionar dicho escenario, de modo que la empresa refleje mayor compromiso con su sostenibilidad reflejada en la mitigación de impactos ambientales significativos, sustentando así la necesidad de intervención respecto de dicha situación problemática; se contempla también que el Nivel 10 se refiere al punto de vertimiento (EF-4) de las aguas residuales industriales tratadas, siendo este el punto de control autorizado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y que están sujetas a supervisión y fiscalización de tal manera que se garantice el cumplimiento de los límites máximos permisibles del efluente, evidenciando que la intervención de una adecuada dosificación se tiene que dar para dicho punto de análisis y control.

#### 1.1.2. Formulación del problema

- Problema general:

¿Cuál es la relación de la turbidez y los sólidos suspendidos totales asociado a la optimización del tratamiento de las aguas residuales industriales generadas en el proceso de explotación minera subterránea (nivel 10) de la Compañía Minera Casapalca S.A. – U.E.A. Americana en el año 2017?

- Problemas específicos:
  - a) ¿Cuál es la relación de la aplicación del MT 8834 – Coagulante (Superpac) en la disminución de la concentración de la turbidez tras la optimización del tratamiento de las aguas residuales diferenciadas industriales generadas en el proceso de explotación minera subterránea (nivel 10) de la Compañía Minera Casapalca S.A. – U.E.A. Americana en el año 2017?
  - b) ¿Cuál es la relación de la aplicación del MT 6506 – Floculante en la disminución de la concentración de la turbidez tras la optimización del tratamiento de las aguas residuales diferenciadas industriales generadas en el proceso de explotación minera subterránea (nivel 10) de la Compañía Minera Casapalca S.A. – U.E.A. Americana en el año 2017?

## 1.2. Objetivos

### 1.2.1. Objetivo general

Determinar la relación de la turbidez y los sólidos suspendidos totales asociado a la optimización del tratamiento de las aguas residuales industriales generadas en el proceso de explotación minera subterránea (nivel 10) de la Compañía Minera Casapalca S.A. – U.E.A. Americana en el año 2017.

### 1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar la relación de la aplicación del MT 8834 – Coagulante (Superpac) en la disminución de la concentración de la turbidez tras la optimización del tratamiento de las aguas residuales diferenciadas industriales generadas en el proceso de explotación minera subterránea (nivel 10) de la Compañía Minera Casapalca S.A. – U.E.A. Americana en el año 2017.

- Determinar la relación de la aplicación del MT 6506 – Flocculante en la disminución de la concentración de la turbidez tras la optimización del tratamiento de las aguas residuales diferenciadas industriales generadas en el proceso de explotación minera subterránea (nivel 10) de la Compañía Minera Casapalca S.A. – U.E.A. Americana en el año 2017.

### 1.3. Justificación e importancia

#### 1.3.1. Justificación práctica

La presente investigación se desarrolla para reducir el consumo de reactivos en la empresa minera mediante la caracterización, selección de flujos contaminados y dosificación adecuada de reactivos (coagulante y floculante) para el tratamiento de las aguas residuales industriales provenientes de actividades de explotación mineral (perforación, voladura, relleno hidráulico y shotcrete). Debido a que la descarga de efluentes cuyos parámetros se encuentran dentro de los límites máximos permisibles según D.S. N° 010-2010-MINAM garantiza que no se altera la calidad de agua del cuerpo receptor. Se suma a ello la posibilidad de obtener resultados y conclusiones que aporten a la productividad de la empresa objeto de estudio, de modo que la presente, aporte respecto del logro de la sostenibilidad desde el punto de vista empresarial y de la sociedad de manera directa e indirecta.

#### 1.3.2. Justificación metodológica

Respecto a lo metodológico, la presente investigación abordó un sistema de recolección, tratamiento y análisis de datos acorde a lo requerido por los agentes fiscalizadores, evaluadores y que emiten conformidad respecto del tratamiento de las aguas residuales, reflejado en la optimización de tal como objeto de estudio basado en la dosificación ideal lograda tras la

prueba de jarras, logrando así relacionar a la concentración de los sólidos suspendidos totales con la turbidez, sumado a ello la posibilidad de generar nuevos conocimientos reflejados en formatos y registros de potencial réplica que sumen en la búsqueda de prácticas novedosas partiendo de una metodológica eficiente y valedera; la presente también se sustenta por el hecho de haber aplicado un entorno metodológico-científico complementado en el acápite subsiguiente.

### 1.3.3. Justificación científica

En función a lo científico, la presente investigación se justifica por el hecho de haber aplicado rigurosamente al método científico a lo largo de su ejecución: partiendo de lo delimitado en la sección “metodología”, se partió por observar a un fenómeno de tentativa solución y partir de ello analizar sus condiciones para llegar a resultados valederos desde el punto de vista analítico-técnico (tratamiento de las aguas residuales) así como estadístico (validez de la hipótesis), llegando a obtener una significancia acorde al conocimiento científico reflejado por el aporte científico propiamente dicho y sostenido a lo largo de la presente.

### 1.3.4. Importancia

La presente investigación sustenta su importancia por el hecho de realizar un análisis y generar conocimientos respecto de ello que sean válidos y de potencial y necesaria aplicación respecto del objeto de estudio: optimizar el tratamiento de las aguas residuales de la Compañía Minera Casapalca S.A. respecto de un nivel en específico (EF-4) que influya en la mitigación del impacto ambiental del recurso hídrico en relación con los pasivos ambientales asociados a una alta concentración de sólidos suspendidos totales que reflejan un escenario de turbidez evidente, de modo que se cumplan las expectativas respecto de la conservación del recurso hídrico en la unidad hidrográfica de principal percepción respecto del

abastecimiento del agua para la ciudad de Lima, contribuyendo indirectamente con los intereses de la propia empresa por representatividad, así como con el desarrollo social, económico y ambiental.

#### 1.4. Hipótesis y variables

##### 1.4.1. Hipótesis nula

H0: No existe una relación entre la turbidez y los sólidos suspendidos totales asociado a la optimización del tratamiento de las aguas residuales industriales generadas en el proceso de explotación minera subterránea (nivel 10) de la Compañía Minera Casapalca S.A. – U.E.A. Americana en el año 2017.

##### 1.4.2. Hipótesis alterna

Ha: Existe una relación entre la turbidez y los sólidos suspendidos totales asociado a la optimización del tratamiento de las aguas residuales industriales generadas en el proceso de explotación minera subterránea (nivel 10) de la Compañía Minera Casapalca S.A. – U.E.A. Americana en el año 2017.

##### 1.4.3. Hipótesis específicas:

- HE1: La aplicación del MT 8834 – Coagulante (Superpac) tras la optimización del tratamiento de las aguas residuales diferenciadas industriales generadas en el proceso de explotación minera subterránea (nivel 10) de la Compañía Minera Casapalca S.A. – U.E.A. Americana en el año 2017 se relaciona con la disminución de la concentración de la turbidez.

- HE2: La aplicación del MT 6506 – Floculante tras la optimización del tratamiento de las aguas residuales diferenciadas industriales generadas en el proceso de explotación minera subterránea (nivel 10) de la Compañía Minera Casapalca S.A. – U.E.A. Americana en el año 2017 se relaciona con la disminución de la concentración de la turbidez.

#### 1.4.4. Operacionalización de las variables

Tabla 01. Descripción y operacionalización de las variables de estudio.

VARIABLES	Tipo	Conceptualización	Categorías	Indicadores
Método de optimización de dosificación	Independiente	Referido a la selección de un método de optimización respecto de la dosificación adecuada de reactivos que permitan reducir la concentración de la carga contaminante en el efluente generado por las actividades de la empresa objeto de estudio.	*Método de dosificación adecuada.  *Optimización del proceso de dosificación (prueba de jarras).  *Caracterización del efluente.	*MT-Floculante.  *Superpac.  *Relación entre la concentración de SST y la Turbidez.  *Análisis de las condiciones del efluente.
Relación de la concentración de la turbidez y SST	Dependiente	Se refiere a la posibilidad de intervención, como tratamiento o potencial solución, respecto de las aguas utilizadas	*Mitigación del impacto ambiental en el recurso hídrico.	*Reducción de la carga de contaminantes (SST, turbidez).  *Desarrollo social,

---

respecto del tratamiento de las aguas residuales subterráneas	en procesos productivos o a nivel poblacional (antropogénico) y que mantienen en su composición “contaminantes” o agentes que alteran su equilibrio.	*Desarrollo enfocado en la sostenibilidad  *Preservación del recurso hídrico.	económico, ambiental.  *Conservación del recurso hídrico superficial.
---	--	---	---

---

Fuente: elaboración propia.



## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1. Antecedentes encontrados en artículos científicos

En el artículo científico titulado: “Uso del agua en la industria minera. Parte 2: Estudio de opciones para reciclar el agua de proceso”, se planteó como objetivo el “realizar una propuesta de reaprovechamiento integral del agua de proceso de una empresa minera sugiriendo un tren de tratamiento”. En sus resultados y conclusiones mencionan que la falta de información respecto de los pasivos ambientales mineros, así como la realidad de la generación y concentración del total de contaminantes propios de toda la explotación minera limita la adopción adecuada de tratamientos que sean eficientes en el proceso y que evidencian sustentabilidad; consideran de mucha relevancia el hecho de controlar en sobremanera las propiedades físicas y químicas del efluente, que engloban a analizar el pH, la conductividad, el oxígeno disuelto en concentración, las interacciones galvánicas y la activación de iones disueltos, de modo que un potencial mecanismo de optimización del tratamiento de las aguas residuales generadas en interior mina refleje consistentemente la disminución o mitigación del impacto ambiental <sup>11, pág. 15 - 29</sup>.

En el artículo científico titulado: “Evaluación de la eficiencia de los procesos de coagulación-floculación y ozonización a escala de laboratorio en el tratamiento de aguas residuales municipales”, se planteó como objetivo general “la evaluación a escala de laboratorio de la eficiencia de dos procesos de tratamiento de aguas residuales municipales, coagulación-floculación y ozonización” con la finalidad de obtener efluentes que mantengan parámetros adecuados que permitan un vertimiento adecuado respecto del impacto ambiental o también un potencial reúso. En sus resultados y conclusiones se señala que el proceso de coagulación-floculación se vio optimizada tras la implementación de un proceso de ozonización posterior en la secuencia de procesos, logrando una remoción de contaminantes fisicoquímicos en un 90 %. De igual manera, consideran que el agua tratada por los mecanismos anteriormente mencionados tiende a reflejar una calidad muy adecuada respecto de su vertimiento, pero que la misma no es la óptima aún para su recirculación propiamente en el proceso productivo. Para el experimento de coagulación-floculación sostienen que se utilizó una prueba de jarras propiamente dicha a 5 concentraciones distintas, a las cuales se le añadió 0.5 mg/L de floculante (Prosifoc C-24124), la misma que se realizó a una agitación rápida y lenta de 250 r/min y 50 r/min respectivamente para luego dejar reposar el agua por 10 min; afirman que dicho procedimiento evidenció la obtención de resultados significativos en su investigación <sup>12</sup>, pág. 49 – 56.

En el artículo científico titulado: “Contaminantes emergentes: efectos y tratamientos de remoción”, se estableció como objeto el revisar “los efectos que generan los contaminantes emergentes y además se discute los tratamientos para removerlos del medio acuático y contribuir a la solución de esta problemática medioambiental”. En sus resultados consideran que para la remoción de los contaminantes catalogados como emergentes se emplean mecanismos o tratamientos fisicoquímicos y biológicos, los cuales también pueden evidenciarse en la realidad de manera combinada; en sentido al objeto de la presente investigación, mencionan que al experimentar con la alternativa de coagulación/floculación no se evidenció una remoción significativa (< 20 %) puesto que la composición de dichos

insumos (sulfato de aluminio y férrico) no eran “correspondientes” o de utilización ideal frente a los contaminantes que fueron su objeto de estudio, para el caso farmacéuticos; dicha premisa obliga en cierto modo a que se realice una caracterización previa del efluente para que así se pueda tratar al mismo de manera eficiente con insumos que guarden relación fisicoquímica. Concluyen que las alternativas no convencionales para el tratamiento de aguas residuales con presencia de contaminantes emergentes evidencian un mejor potencial de aplicación, pero que también evidencian un mayor nivel de degradación, haciéndolos ineficientes para un tratamiento a gran escala en muchos sectores; a partir de ello afirman que los tratamientos convencionales, como la coagulación/floculación deben de guardar una relación exacta o precisa para demostrar eficiencia en el proceso propio del tratamiento y con ello la mejora de la calidad del medio ambiente <sup>13</sup>, pág. 96 - 105.

En el artículo científico titulado “Mezclas con potencial coagulante para clarificar aguas superficiales” se planteó el objetivo general de determinar mediante la prueba de jarras “la dosis óptima del sulfato de aluminio (30 mg/L) en la clarificación de una muestra de agua de río”. En sus resultados sostienen que los parámetros respecto de los estándares de calidad ambiental que fueron objeto de estudio consideraron al: color y turbiedad, o turbidez; complementariamente tras la caracterización del agua de río se obtuvo como concentraciones de dichos parámetros: color = 85 CU, turbiedad = 70 NTU y pH de 6.8; a partir de ello mencionan que se realizaron 6 pruebas a distintas composiciones del insumo utilizado y ya mencionado, obteniendo que respecto del color se observó una eficiencia de 94 % a 28 mg/L de sulfato de aluminio; respecto de la turbiedad menciona que se logró entre un 97.9 % de eficiencia con la misma concentración de tratante, así como también consideran que el valor de pH no influyó de manera significativa propiamente en la determinación del porcentaje de eficiencia. Concluyen que la aplicación de sulfato de aluminio como agente coagulante-floculante evidencia un potencial significativo respecto del tratamiento de aguas superficiales <sup>14</sup> pág. 229 – 236.

En el artículo científico titulado “Perspectivas del tratamiento anaerobio de aguas residuales domésticas en países en desarrollo”, se planteó como objetivo el “plantear un análisis y reflexión sobre el tratamiento anaerobio de ARD en países en desarrollo y sobre las perspectivas de aplicación en pequeña y gran escala”. En sus resultados y conclusiones sostiene que existe una cobertura insignificante de alternativas de tratamiento en países en desarrollo, principalmente a causa del desconocimiento e inviabilidad respecto de la implementación de tecnologías y alternativas enmarcadas en sociedad ya desarrolladas; se suma a ello “la deficiencia en el entendimiento de los procesos de tratamiento, inadecuada operación y mantenimiento”; mediante ello evidencia la necesidad de seleccionar, evaluar y optimizar las infraestructuras y procesos propios de una planta o alternativa de tratamiento ya existente basada en el muestro y caracterización enfocada en la verificación del desempeño de los sistemas de tratamiento sin dejar de lado la capacitación al personal operativo y encargado del manejo y mantenimiento propio del sistema <sup>15</sup> pág. 115 – 129.

#### 2.1.2. Antecedentes encontrados en tesis

En la tesis titulada “Desarrollo de alternativas de tratamiento de aguas residuales industriales mediante el uso de tecnologías limpias dirigidas al reciclaje y/o valorización de contaminantes” se planteó como objetivo general el “evaluar la viabilidad técnica de las diferentes secuencias de tratamiento de depuración y definir la mejor ante un vertido textil particular tomando como criterio de evaluación y selección la posibilidad de reciclaje del agua tratada”, asumiendo de antemano a la alternativa de coagulación-floculación, así como otras alternativas que no son propiamente objeto de estudio de la presente. Se llegó a las siguientes conclusiones <sup>16</sup>:

- Los tratamientos fisicoquímicos combinados: coagulación-floculación sumada a una técnica de separación, reflejaron una capacidad de tratamiento de un 97 %.

- El agua tratada evidencia un nivel de calidad considerada como aceptable para su potencial recirculación o reutilización en el proceso productivo.
- Respecto a las características técnicas de la coagulación-floculación empleada, éstas permitieron la formación de una fase sólida que se separe propiamente de la fase líquida y permita la separación de contaminantes; fueron utilizados como insumos sales de aluminio, calcio y hierro, dosificando un rango entre 25-300 mg/L equivalente a la capacidad de tratamiento mencionada.

En la tesis titulada “Sistema de tratamiento integral de aguas residuales industriales en UEA Animon de Empresa Administradora Chungar S.A.C.”, se planteó como objetivo general “adecuar los vertimientos industriales de EMPRESA ADMINISTRADORA CHUNGAR S.A.C. a los parámetros establecidos por la Ley General de Aguas para Clase VI, en cumplimiento de la R.D. 0715-2006-DIGESA”. Llegó a las siguientes conclusiones de manera puntual <sup>17</sup>:

- Proponer la alternativa de recirculación de las aguas industriales generadas en interior mina tras su tratamiento con el objeto de disminuir el consumo de agua “fresca”.
- Preservar las fuentes naturales de agua apuntando a una racionalización futura de la misma que soporte el abastecimiento del recurso a nivel población y empresarial.
- Prevenir el impacto ambiental tras la optimización del tratamiento de las aguas industriales generadas a interior mina; evitar la generación o implementación de nuevas canchas de relaves con una finalidad equivalente respecto de la mitigación del impacto ambiental.

En la tesis titulada “Tratamiento biológico como alternativa para disminuir el impacto ambiental ocasionado por el drenaje ácido, generado por la actividad minera en el municipio de Marmato - Caldas”, se planteó como objetivo general el “implementar alternativas de tratamiento que disminuyen el impacto ambiental ocasionado por el drenaje ácido producto

de la actividad minera en el municipio de Marmato”. Sus principales conclusiones fueron las siguientes <sup>18</sup>:

- Tras la caracterización y análisis de las aguas de la mina se identificaron como agentes contaminantes a los siguientes metales: Al, Ar, Cd, Mn, Hg y Zn, los cuales sobrepasaron los límites máximos permisibles normados nacionalmente.
- De igual manera, el pH y los sulfuros se encuentran en concentraciones y/o cantidades (respecto de la escala de acidez) que evidencia un impacto en el componente ambiental físico, específicamente en los factores agua y suelo.
- Los valores de excedencia frente a los límites máximos permisibles fueron minimizados a través de un tratamiento “reductor y productor de alcalinidad”, sin embargo, es necesario implementar alternativas que engloben a la sedimentación y a los lechos filtrantes como procesos necesarios para disminuir la concentración de los metales listados.

### 2.1.3. Antecedentes encontrados en artículos de divulgación

En la investigación titulada “Aproximaciones al costo económico de impactos ambientales en la minería”, se buscó como objetivo general entregar un primer acercamiento al tema central respecto de los impactos ambientales en la actividad minera, así como el “enfocarse en el costo económico de algunos impactos ambientales”, así como el comprender inicialmente los demás beneficios oportunamente valorizados. En sus resultados presenta que “el ítem más costoso a largo plazo es el tratamiento del agua”; además de que menciona que “el uso de garantías financieras o seguros ambientales puede asegurar que el que contamina, paga por la mayoría de los costos”, haciendo referencia que en otros contextos se da una respectiva valorización socioeconómica al entorno potencialmente impactado, salvaguardando, en un primer momento, el equilibrio medioambiental. Llegó a la conclusión que “tradicionalmente, los estudios de impacto minero no han considerado la evaluación de los costos

de dichos impactos”, a consecuencia de ello menciona que muchos de éstos han llegado a ser “subsidiados por los contribuyentes o ciudadanos locales”; complementariamente, enfatiza que, con el fin de garantizar que “el que contamina pague”, se debería realizar una valorización económica de los recursos que resultan o resultarían impactados por la actividad minera en la fase del estudio de evaluación de impacto ambiental, y que esta valorización debería ser hecha por “científicos y economistas independientes”, de modo que se asegure un nivel de imparcialidad adecuado; punto aparte, considera que se debería de tener en cuenta el impacto a largo plazo o residual post cierre de mina, de modo que se demuestre sostenibilidad en el proyecto en todas sus etapas <sup>7, pág. 59 - 67</sup>.

En la investigación titulada “Estado del arte del tratamiento de aguas por coagulación-floculación” se formuló como objetivo el abordar, enumerar y explicar “los conceptos generales del tratamiento de aguas por el método químico de coagulación-floculación”. Reporta como resultados que los floculantes/coagulantes mayormente usados para procesos de clarificación incluyen a arcillas y al sílice; de igual manera, con la finalidad de verter dosis óptimas de dichos insumos se pueden utilizar activadores basados en polímeros y que la manera más apropiada de determinar dicha dosis es mediante una prueba denominada como “de jarras”, donde se analizan los siguientes factores: pH, temperatura, concentración del coagulante, secuencias de aplicación de las sustancias químicas, agitación respecto de su grado y el tiempo de sedimentación. Concluye que para optar por un tratamiento adecuado de las aguas residuales se debe conocer inicialmente las propiedades fisicoquímicas del efluente para luego realizar ensayos de laboratorio respecto de la determinación de la eficiencia de la aplicación de coagulantes adecuados, funcionalmente analizando y determinando una dosis óptima y un pH óptimo mediante la prueba de jarras <sup>19, pág. 10 - 17</sup>.

## 2.2. Bases teóricas

## 2.2.1. Fundamentos teóricos de la investigación

### 2.2.1.1. Ciclo y contaminación del agua

Según Doménech <sup>20</sup>, la gran reserva del recurso hídrico se evidencia en los océanos, equivalente a un 97 % del total de agua en la biosfera. El restante porcentaje está contenido por los glaciares, el agua subterránea y la superficial, además de la atmósfera. Dicho elemento de vital importancia para la vida en el planeta no se mantiene estático en alguna de las reservas anteriormente señaladas; existe un flujo correspondiente al estado de la materia en el cual se encuentra a las moléculas de agua (H<sub>2</sub>O), el cual depende en gran medida de factores como el clima, la acción del hombre respecto de procesos productivos, etc., evidenciando un potencial de cambio en los receptores hídricos. Puntualmente, señala que el ciclo del agua abarca procesos como la evaporación, precipitación, condensación, infiltración, escorrentía, etc.

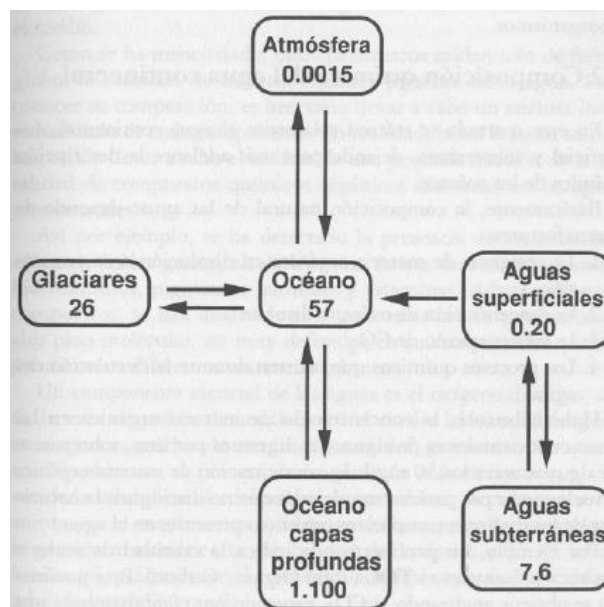


Figura 01. Balance hídrico de la biosfera (en miles de billones de metros cúbicos).

Fuente: Doménech <sup>20</sup>, pág. 63.



Doménech <sup>20</sup> también señala que las características de las aguas superficiales son diferentes a las de las aguas subterráneas; en ambos casos se da una disolución de compuestos minerales, así como también otros orgánicos, pero las aguas superficiales también evidencian la presencia, en suspensión, de partículas sólidas de naturaleza variable. Puntualmente, hace referencia a que las aguas continentales (que incluye a las superficiales y subterráneas) presentan características o una composición que depende de los siguientes factores <sup>20, pág. 64</sup>: “1) la presencia de materia orgánica en disolución o en suspensión; 2) la concentración de oxígeno disuelto; 3) la concentración de CO<sub>2</sub>; y 4) los procesos químicos que ocurren durante la circulación del agua”. De manera complementaria, también considera que dicho sistema equilibrado respecto de su composición “neutral”, puede llegar a ser alterado por la presencia en valores excedentes de microorganismos, sustancias químicas y otros que usualmente se encuentran en vertidos que son dispuestos directamente al recurso hídrico y que son generados, en mayoría, por causas antropogénicas. Dicha situación se considera como la contaminación del recurso hídrico a nivel sectorial urbano o industrial, los cuales manifiestan la generación y/o presencia de contaminantes “especiales” o “puntuales” para cada caso, los cuáles se complementan en la siguiente tabla.

Tabla 02. *Contaminantes presentes en el agua.*

Inorgánicos (mayormente industriales).	Metales procedentes de la industria metalúrgica: Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Mn, Hg, Ag, Zn; Cianuros: CN <sup>-</sup> ; H <sub>2</sub> S; NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ; SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> ; NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ; etc. (Otras fuentes: industria electroquímica, extractiva de minerales, textiles, industrias de alimentación, industria química-farmacéutica).
Orgánicos o nutrientes en exceso (urbanos puntualmente).	Nitratos (eutrofización); fosfatos; sulfatos; K <sup>+</sup> ; Ca <sup>2+</sup> y Mg <sup>2+</sup> .

Fuente: Doménech <sup>20, pág. 74</sup>.

#### 2.2.1.2. Aguas residuales industriales y mineras

Según el Ministerio de Minería <sup>21</sup> de Chile, la actividad propiamente minera se desarrolla en lugares o zonas alejadas de las urbes; se caracteriza por la utilización de grandes instalaciones y de equipamiento especial, además de que es considerada como una actividad que aporte significativamente al desarrollo económico de los países.

De manera complementaria, el citado organismo hace referencia a que el desarrollo de las actividades mineras necesita o requiere de recursos: humanos, financieros y tecnológicos, y de mucha importancia recursos naturales como el agua, la cual, en los últimos años se viene agotando por la problemática relacionada al cambio climático, de modo que las industrias mineras tienden ya a enfocarse en la recirculación, recuperación y/o reutilización de los efluentes que hayan sido ya tratados de manera eficiente. Puntualmente señala también que <sup>21</sup>, pág. 11: “antiguamente, la disposición de aguas residuales de procesos industriales se efectuaba sin limitaciones a cuerpos y cursos de agua.

Como consecuencia de la relevancia de la temática ambiental en el país, actualmente, se ha avanzado en la promulgación de normas ambientales y paralelamente han surgido nuevas opciones de disposición, las cuales consideran una disminución importante de la descarga, y privilegia el reciclaje, la evaporación y la reutilización”; asimismo, los desechos líquidos evidencian la presencia en concentración de contaminantes en función de los procesos propiamente que se desarrollan en la actividad industrial y algunos de los más importantes se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 03. *Desechos líquidos de importancia generados en las actividades mineras.*

Desechos líquidos de relevancia generados en las actividades mineras.	* Efluente que se genera por el depósito de desechos líquidos en tanques de relaves.
	* El efluente generado por lixiviación natural de materiales estériles.
	* El efluente generado por escorrentía y que proviene de la mina.
	* El efluente generado por el procesamiento de concentrado de mineral.

Fuente: Ministerio de Minería <sup>21</sup>, pág. 11.

Respecto del efluente que es generado por escorrentía y que proviene de la mina, enfocándose en el interior mina según el Ministerio de Minería <sup>21</sup>, está relacionado con la extracción del mineral y la propia circulación interna del recurso hídrico que en una parte es de origen subterráneo, denominado como afloramientos de agua, y en otra llega a la escorrentía mediante precipitaciones; el caudal de la escorrentía tiende a ser variable en función de la disposición de la capacidad del flujo propiamente dicho relacionado con las temporadas estacionales propia del lugar de explotación. Dicho flujo debe de ser evacuado de la explotación minera por sus características de acidez y la alta concentración de metales, evidenciando de tal modo características de peligrosidad como la corrosividad, reactividad o abrasividad.

Tabla 04. *Mecanismos de formación de aguas ácidas.*

Generación de aguas ácidas por la presencia de los siguientes elementos:	* Mineral sulfuroso (en mayoría por la presencia de pirita).
	* Oxidantes.
	* Agua.
	* Bacterias como elemento catalizador ( <i>Thiobacillus ferrooxidans</i> ).

Fuente: Kuyucak, citado por Montesinos <sup>22</sup>, pág. 13.

### 2.2.1.3. Tratamiento de las aguas residuales

Según Ramalho <sup>23</sup>, las tecnologías e implementación convencional para el tratamiento de las aguas residuales están ligadas al nivel de la calidad del efluente que será el objeto de dicha implementación, en sí porque dichas descargas de agua se generan a varios niveles (doméstico, industrial, etc.) lo cual no mantiene una constancia respecto de la concentración de los contaminantes, por lo cual, ocasionalmente, es necesario de tener en cuenta tratamientos o fases complementarias que aseguren un adecuado nivel de descarga que se mantenga por debajo de los límites permisibles así como respecto a los estándares de calidad ambiental que son estipulados sectorialmente según la normatividad. En la tabla siguiente se observan a detalles las características o componentes por tipo de tratamiento que existen en la actualidad y que son mayormente implementados.

Tabla 05. *Tipos de tratamiento de aguas residuales.*

Tipos	Características
Tratamiento primario	1) Cribado o desbrozo.
	2) Sedimentación.
	3) Flotación.
	4) Separación de aceites.
	5) Homogeneización.
	6) Neutralización.
Tratamiento secundario	1) Lodos activados.
	2) Aireación prolongada.
	3) Estabilización por contacto.
	4) Modificaciones del sistema de lodos activados: aireación por fases, mezcla completa, aireación descendente, aireación con oxígeno puro, etc.
	5) Lagunaje de aireación.
	6) Estabilización del lagunaje.
	7) Filtros biológicos (percoladores).
	8) Discos biológicos.
	9) Tratamientos anaerobios: procesos de contacto.

Tratamiento terciario o "avanzado"	1) Microtamizado.
	2) Filtración (lecho de arena, antracita, diatomeas).
	3) Precipitación y coagulación.
	4) Adsorción (carbón activado).
	5) Intercambio iónico.
	6) Ósmosis inversa.
	7) Electrodialisis.
	8) Cloración y ozonización.
	9) Procesos de reducción de nutrientes.

Fuente: Ramalho <sup>23</sup>, pág. 9.

Complementariamente, las fuentes las aguas residuales pueden ser cuatro según el citado autor <sup>23</sup>, pág. 10: 1) aguas domésticas o urbanas; 2) aguas residuales industriales; 3) escurrientías de usos agrícolas; y 4) pluviales. Se considera que el mayor foco de contaminación del agua engloba a las grandes urbes o ciudades ubicadas usualmente a lo largo de unidades hidrográficas relevantes o de caudal significativo <sup>23</sup>; sin embargo, la presencia de sustancias con características de peligrosidad en las aguas industriales o en los vertidos agrícolas evidencian que su abordaje y su potencial solución tecnológica deberá ser más rigurosa, sumando a que mantienen parámetros de calidad y permisibilidad específicos en función de las labores realizadas.

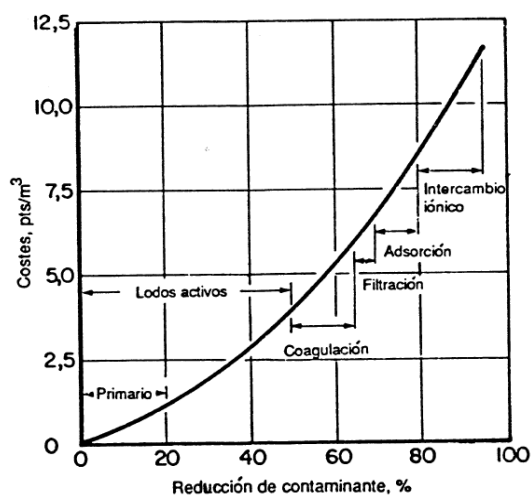


Figura 02. Relación entre el coste total y tipo de tratamiento.

Fuente: RAMALHO <sup>23</sup>, pág. 11.

## 2.2.2. Fundamentos metodológicos de la investigación

### 2.2.2.1. Muestreo y caracterización de aguas residuales mineras – industriales

Según el Ministerio de Energía y Minas <sup>24</sup> uno de los aspectos de relevancia respecto del manejo ambiental que se les da a los efluentes generados en interior mina es la identificación y caracterización como tal de dichos efluentes con potencial de descarga muy contaminante. Cita puntualmente a las siguientes fuentes potenciales relacionadas a las descargas de contaminantes generadas en operaciones extractivas o mineras <sup>24</sup>, pág. 2: “drenaje de mina, operaciones durante el proceso de beneficio, unidades de desechos y pilas de mineral y la actividad humana”. Adicionalmente a ello, considera que la manera de determinar y/o conocer sobre las características propias de los efluentes industriales mineros se tiene que dar mediante la recolección y análisis propios de las muestras de agua, que en, la mayoría de casos, evidencian características que los hacen “peligrosos” respecto de su manipulación, como se observa en la tabla siguiente.

Tabla 06. *Efectos tóxicos de las aguas residuales industriales.*

Efectos tóxicos	* Letales: causan muerte por envenenamiento directo.
	* Subletales: por debajo de los niveles que causan la muerte, pero que pueden afectar al crecimiento, reproducción o actividad de los organismos.
	* Agudos: causan un efecto en un corto período de tiempo.
	* Crónicos: causan un efecto durante un período de tiempo prolongado.
	* Acumulativos: se incrementa el efecto con dosis sucesivas.

---

Fuente: Espigares y Pérez <sup>25</sup>, pág. 4.

Para guardar garantías respecto de la necesidad de muestreo y análisis de los efluentes mineros, a nivel nacional y acorde a lo propuesto por la normativa vigente se tiene un Protocolo de

Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos, desarrollada por la Autoridad Nacional del Agua <sup>26</sup>. La mencionada institución reguladora de los recursos hídricos a nivel nacional de manera multisectorial considera que el objetivo de dicho protocolo es el siguiente <sup>26, pág. 3</sup>: “estandarizar los procedimientos técnicos para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos, continentales y marinos, para su utilización, a nivel nacional, por las entidades gubernamentales y sociedad civil en general”. Dicho protocolo también hace un énfasis en la necesidad de delimitar a los tipos de descargas de aguas residuales, dividiéndolas en domésticas e industriales, enmarcando en esta última a los efluentes generados por las empresas mineras. Con fines de determinar e identificar adecuadamente los parámetros a considerar en este tipo de efluentes, el protocolo señala también la necesidad de caracterizar a los cuerpos de agua, señalando ciertos criterios técnicos puntuales detallados en la siguiente tabla.

Tabla 07. *Parámetros que exige el protocolo de monitoreo de recursos hídricos respecto de la caracterización de efluentes.*

Direccionamiento de la caracterización de los cuerpos de agua	
Parámetros determinados en campo	Parámetros que se determinan en laboratorio
pH, conductividad, temperatura y oxígeno disuelto.	C total, huevos de helmintos, DBO5, DQO, MEH, cloruros, bicarbonatos, nitratos, sulfatos, sulfuros, calcio (Ca), carbonatos, sodio (Na), Al, As, Ba, B, Be, Cd, CN-WAD, CN-Libre, Sb, Co, Cu, Cr, Fe, Li, Mg, Mn, Hg, Ni, Ag, Pb, Se, U, V, Zn, nitrógeno amoniacal, nitratos, STD, SST y HTP.

Fuente: Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos <sup>26, pág.</sup>

5.

Adicionalmente el Protocolo también sugiere los parámetros y categorías correspondientes a las actividades mineras, los cuales se observan en la figura siguiente.

ACTIVIDADES	PARÁMETROS DETERMINADOS EN CAMPO	PARÁMETROS QUE SE DETERMINARÁN EN LABORATORIO		
	Categorías 1, 3 y 4	Categoría 1	Categoría 3	Categoría 4
Mineras	pH, temperatura, Conductividad y Oxígeno disuelto	C. total, C. term, DBO <sub>5</sub> , DQO, MEH, CN-Libre, CN-WAD, fenoles, nitritos, nitrógeno amoniacal, SDT, sulfatos, sulfuros, turbiedad, Al, Sb, As, Ba, Be, B, Cd, Cu, Cr, Cr VI, Fe, Mn, Hg, Ni, Ag, Pb, Se, U, V y Zn	C. total, C. term., huevos de helmintos, DBO <sub>5</sub> , DQO, MEH, cloruros, bicarbonatos, nitratos, sulfatos, sulfuros, Ca, carbonatos, Na, Al, As, Ba, B, Cd, CN WAD, Co, Cu, Cr 6+, Fe, Li, Mg, Mn, Hg, Ni, Ag, Pb, Se, Zn y nitrógeno amoniacal.	DBO <sub>5</sub> , nitrógeno amoniacal, SDT, SS, As, Ba, Cd, CN-libre, Cu, Cr+6, fenoles, fosfatos total, Hg, Ni, Pb, silicatos, Zn, C. total y C. term

Figura 03. Parámetros que se determinan en campo y en laboratorio respecto de la actividad minera.

Fuente: Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos <sup>26</sup>, pág. 6.

El Protocolo citado <sup>26</sup>, pág. 8 también hace referencia a la identificación y selección de puntos de muestreo o monitoreo, que según el tipo de fuente del recurso hídrico debe guardar las siguientes consideraciones: “1) ubicación de las fuentes contaminantes, 2) determinar la naturaleza geológica de la cuenca, 3) ubicación de las fuentes de captación de agua para consumo humano y riego, 4) accesibilidad a los puntos de muestreo y representatividad de los mismos”. La frecuencia de toma de muestras y su análisis se establecerá según los siguientes criterios <sup>26</sup>, pág. 10: “1) variación del volumen de las aguas residuales, 2) estacionalidad respecto del cuerpo receptor de los vertimientos residuales, 3) incorporación de nuevas sustancias en el proceso productivo, 4) incremento de la capacidad productiva de la actividad, 5) crecimiento poblacional, y 6) actividades del programa de vigilancia y fiscalización de la Autoridad Nacional del Agua”.



Tabla 08. *Actividades específicas acorde al monitoreo de los recursos hídricos.*

1) Trabajo pre campo: cotejar los materiales necesarios y adecuados para la toma de muestras (equipos calibrados, formato de cadena de custodia, preservantes, etc.).
2) Trabajo de campo: cotejas las condiciones propias del trabajo realizado en campo propiamente dicho: observaciones, coordenadas, frascos, etiquetado y rotulado, almacenamiento, lectura de parámetros de campo, rellenar la cadena de custodia, preservar las muestras.
3) Toma de muestras por parámetro: parámetros biológicos y microbiológicos, físico químicos – inorgánicos, orgánicos.
4) Seguridad en la toma de muestras: utilizar los equipos de protección personal adecuados, además del etiquetado y preservado adecuado.

Fuente: Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos <sup>26</sup>, pág. 13 – 20.

Respecto de la preservación, identificación y conservación de las muestras recolectadas en campo, el Protocolo citado considera lo expuesto en la siguiente tabla:

Tabla 09. *Consideraciones de preservación, identificación y conservación de muestras de agua tomadas en campo.*

Preservación	Identificación	Conservación
* Si es necesario se adiciona preservantes. * Cerrar herméticamente el frasco y encintar la tapa para evitar derrames.	* Etiquetar teniendo en cuenta lo siguiente: número de muestra, código de identificación, origen de la fuente, descripción del punto de muestreo, fecha y hora de la toma de muestra, preservación realizada, tipo de preservante utilizado, tipo de análisis requerido, nombre del responsable del muestreo.	* Conservación en cajas herméticas (coolers) a temperatura ideal. * Entregar a laboratorio antes de las 24 horas de realizado el muestreo. * Acompañar a la conservación de las muestras con la respectiva cadena de custodia.

Fuente: Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos <sup>26</sup>, pág. 18 – 19.

## 2.2.2.2. Tratamiento de aguas residuales

### 2.2.2.2.1. Coagulación y floculación

Según Andía <sup>27</sup> el objetivo de la aplicación de la coagulación se relaciona con la desestabilización de las partículas coloidales que se encuentran usualmente en suspensión con el fin de influir favorablemente a su aglomeración; esta fase no solo tiende a eliminar la turbiedad, también la concentración de los microorganismos presentes en el efluente. De igual manera, el citado autor considera que la coagulación es el tratamiento, de aguas residuales, más eficaz, pero con el acápite de que tiende a ser costoso; puntualmente señala <sup>27, pág. 9</sup>: “la dosis del coagulante condiciona el funcionamiento de las unidades de decantación y que es imposible de realizar una clarificación si la cantidad de coagulante está mal ajustada”.

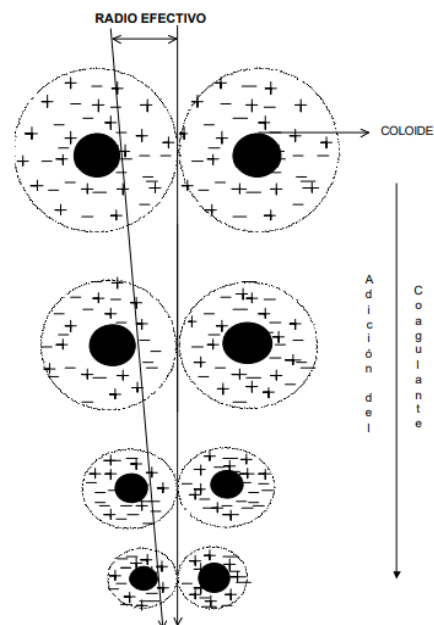


Figura 04. Representación de la coagulación.

Fuente: ANDÍA (27 pág. 10).

También considera que los principales coagulantes que se utilizan para desestabilizar partículas y producir flocs son los siguientes <sup>27, pág. 14:</sup>

- “Sulfato de aluminio.
- Aluminato de sodio.
- Cloruro de aluminio.
- Cloruro férrico.
- Sulfato férrico.
- Sulfato ferroso.
- Polielectrolitos”.

Tipo de Agua.	Tipo de Coagulación.	Requerimiento.
1. Baja Concentración de Coloides, baja alcalinidad.	Formación de precipitado. Floc de barrido	Alta dosis de coagulantes. Adición de alcalinidad o partículas, o ambas.
2. Baja concentración de coloides, alta alcalinidad.	Formación de precipitado. Floc de Barrido	Alta dosis de coagulantes. Adición de partículas.
3. Alta concentración de coloides, baja alcalinidad	Adsorción de polimeros metálicos positivos, en la superficie de los coloides. (pH 4 a 7).	Dosis de coagulantes incrementa con concentración de partículas, adición de alcalinidad
4. Alta concentración de coloides, alta alcalinidad.	Adsorción de polimeros, metálicos positivos y precipitaciones de hidróxidos (pH>7)	Dosis de coagulante incrementa con concentración de partículas.

Figura 05. Clasificación del agua según su comportamiento en la coagulación.

Fuente: Andía <sup>27, pág. 28.</sup>

Así también señala los factores que influyen en el proceso de coagulación, los cuales son los siguientes <sup>27, pág. 16:</sup>

- “pH.
- Turbiedad.
- Sales disueltas.
- Temperatura del agua.
- Tipo de coagulante utilizado.
- Condiciones de mezcla.
- Sistemas de aplicación de coagulantes.
- Tipos de mezclas y el color”.

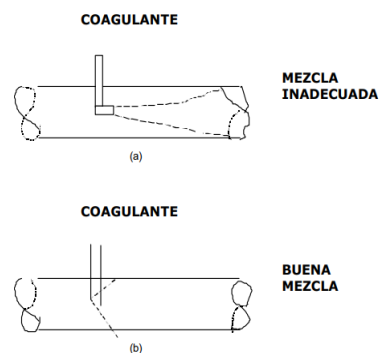


Figura 06. Condiciones de mezcla.

Fuente: Andía <sup>27</sup>, pág. 20.

Respecto de la floculación, Andía <sup>27</sup> considera que ésta debe darse de manera lenta para que permita juntar de a poco a los flocs o flóculos. Si se da un mezclado rápido tiende a romper los flocs y muy raramente vuelven al estado inicial post coagulación, influyendo negativamente en el tratamiento del agua residual. Menciona dos tipos de floculación: 1) pericinética: equivalente al movimiento natural de las moléculas y 2) ortocinética: basado en la colisión de las partículas inducido por una energía exterior. Los parámetros que describen y/o caracterizan a la floculación son los siguientes <sup>27</sup>, pág. 34:

- “Floculación ortocinética (dada por el grado de agitación inducida: mecánica o hidráulica).
- Gradiente de velocidad (energía requerida y necesaria para el proceso).
- Número de colisiones (choque entre microflóculos).
- Tiempo de retención.
- Densidad y tamaño de floc.
- Volumen de lodos (los flóculos formados no deben sedimentar en las unidades de floculación)”.

Tabla 10. *Floculantes utilizados comúnmente según su naturaleza.*

Minerales	Orgánicos Naturales	Orgánicos de Síntesis
Hecha en base a sílice activada; presenta un riesgo de gelatinización, produce la neutralización parcial de alcalinidad de silicato de sodio en solución.	Polímeros naturales extraídos de sustancias animales o vegetales.	Macromoléculas de una gran cadena obtenidos por asociación de monómeros sintéticos con masa molecular elevada: Aniónicos, neutros o no iónicos y catiónicos.

Fuente: Andía <sup>27</sup>, pág. 34 – 35.

#### 2.2.2.2.2. Prueba de jarras

Según Restrepo <sup>28</sup> la manera de realizar una dosificación adecuada de los reactivos enfocados en los procesos de coagulación-floculación debe ser determinada a escala en laboratorio mediante una prueba denominada como “prueba de jarras”; puntualmente señala que <sup>28</sup>, pág. 12: “la prueba de jarras es la que mejor simula la química de la clarificación y la operación llevada a cabo”. De manera complementaria señala que la concentración resultante, respecto del coagulante necesario para el tratamiento de aguas residuales, es obtenido de manera eficiente tras el desarrollo de la citada prueba y que se obtendrán tras el proceso “flocs” de mejores características.

Según Andía <sup>27</sup>, la citada prueba refleja el método adecuado de simulación de los procesos de coagulación y floculación realizado a un nivel a escala,

es decir, a nivel de laboratorio de manera pre experimental; puntualmente hace mención al objetivo de la aplicación de la prueba de jarras <sup>27</sup>, pág. 39: “determinar las variables físicas y químicas de los procesos de coagulación, floculación y sedimentación, tales como: selección del coagulante, selección del pH óptimo, gradientes y tiempos de mezcla rápida y floculación y correlación de las velocidades de sedimentación y la eficiencia de remoción”. De manera complementaria hace énfasis en el requerimiento de materiales y equipos necesarios para establecer la prueba de jarras, los cuales son <sup>27</sup>, pág. 39.

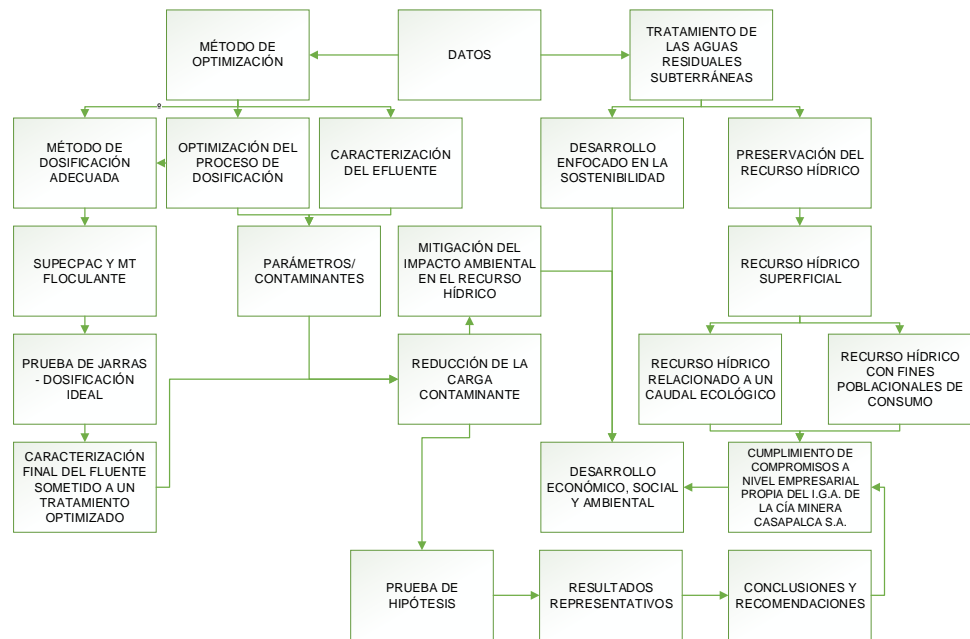
- “Agitador múltiple o floculador, equipo provisto de 6 agitadores planos; elementos adicionales de 2 litros de capacidad, una tubería de 4 mm de diámetro para la extracción de la muestra.
- Un turbidímetro.
- Un pHmetro.
- Materiales necesarios para medir la alcalinidad”.



*Figura 07.* Representación fotográfica de la prueba de jarras a nivel tecnológico.

Fuente: R-Chemical <sup>29</sup>.

### 2.2.3. Modelo teórico de la investigación



Fuente: elaboración propia.

### 2.3. Definición de términos

- Aguas continentales: según la Autoridad Nacional del Agua <sup>26, pág. 30</sup> son “todas las aguas en la superficie del suelo y todas las aguas subterráneas situadas hacia tierra desde la línea que sirve de base para medir la anchura de las aguas territoriales”.
- Aguas dulces: según la Autoridad Nacional del Agua <sup>26, pág. 30</sup> es el “agua que surge de manera natural, con baja concentración de sales, y que con frecuencia puede considerarse apta para ser extraída y tratada a fin de producir agua potable”.
- Aguas residuales: según la Autoridad Nacional del Agua <sup>26, pág. 30</sup> son las “aguas vertidas después de ser utilizadas o producidas en un proceso, que contienen sustancias disueltas y/o en suspensión procedentes de ese proceso”.

- Aguas residuales industriales: según Espigares y Pérez <sup>25, pág. 2</sup> “proceden de los procesamientos realizados en fábricas y establecimientos industriales y contienen aceites, detergentes, antibióticos, ácidos y grasas y otros productos y subproductos de origen mineral, químico, vegetal o animal. Su composición es muy variable, dependiendo de las diferentes actividades industriales”.
- Coagulación: según Restrepo <sup>28, pág. 7</sup> es “la desestabilización eléctrica de algunas partículas mediante la adición de sustancias químicas que son los coagulantes”.
- Establecimiento industrial: según el Ministerio de Minería <sup>21, pág. 7</sup> es “aquel en el que se realiza una actividad económica donde se produce una transformación de la materia prima o materiales empleados, dando origen a nuevos productos, o bien en que sus operaciones de fraccionamiento, manipulación o limpieza, no produce ningún tipo de transformación en esencia, sin embargo, descarga efluentes con una carga contaminante media diaria”.
- Floculación: según Restrepo <sup>17, pág. 10</sup> “consiste en la aglomeración, mediante la agitación moderada del agua, de las partículas que se desestabilizan durante la coagulación, formando otras de mayor tamaño y peso específico - flóculos”.
- Frecuencia de muestreo: según la Autoridad Nacional del Agua <sup>26, pág. 30</sup> es el “número de muestras representativas tomadas en un período determinado de tiempo, en las diferentes estaciones de muestreo”.
- Residuo industrial líquido: Según el Ministerio de Minería <sup>21, pág. 7</sup> es el “efluente líquido descargado por un establecimiento industrial”.
- Prueba de Jarras: según Restrepo <sup>28, pág. 12</sup> es una prueba que se enfoca en determinar “la dosificación apropiada de reactivos que deben ser seleccionados por la simulación del paso de clarificación en un laboratorio a escala; se realiza con el fin de determinar la concentración óptima del coagulante necesario para obtener un floc de las mejores características”.



## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### 3.1. Método, tipo y nivel de la investigación

##### 3.1.1. Métodos de la investigación

###### A) Método general

El método general elegido y adecuado para la investigación presente fue el deductivo con enfoque analítico. Según Arroyo <sup>30</sup> el método general deductivo aborda al conocimiento desde lo general a lo específico, tal como se demuestra en la investigación: el objeto de estudio es la optimización de las aguas residuales de interior mina como objeto general, llegando a situaciones específicas de análisis respecto del nivel 10, evidenciando como tal el método elegido y así también sumándole el requerimiento obligatorio respecto del análisis de los componentes del objeto de estudio para llegar a resultados representativos.

###### B) Método específico

Según Arroyo <sup>30</sup> los métodos específicos o empíricos complementan al método general seleccionado de modo que se cumplan los requerimientos del método científico de la investigación. En este

sentido, se optó por elegir al método específico de la observación como tal, de modo que existe una congruencia con lo estipulado a nivel metodológico con el punto inicial del método científico. La observación realizada y de necesidad de análisis se desarrolló en función de los siguientes parámetros: fue una observación directa, en campo, participante y estructurada. De manera complementaria, el proceso metodológico de la presente investigación fue el siguiente: Inicialmente se procedió a realizar la prueba de jarras para determinar la cantidad exacta de floculante y coagulante a usarse en las aguas de mina sujetos a puntos de monitoreo ambiental (EF-4) en correspondencia al nivel 10; para simular los procesos de coagulación y floculación se varió la dosificación de los reactivos y se midió constantemente la turbidez. Los reactivos seleccionados para la presente investigación, en concordancia con lo propuesto por el Instrumento de Gestión Ambiental que rige el actuar respecto de los compromisos medioambientales en la empresa objeto de estudio y lo propuesto por las organizaciones colaboradoras respecto del tratamiento de las aguas residuales, enmarcadas o relacionadas a la Autoridad Nacional del Agua que proporcionó un equipo de hidrogeólogos en coordinación con la empresa, fueron los siguientes:

1. Caracterización de aguas:

Se realizó la toma de muestras puntuales en el nivel 10 y 18 según R.J. N° 010-2016-ANA "Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de Recursos Hídricos"

2. Selección de flujos críticos o diferenciados:

Una vez obtenido los resultados de ensayo emitidas por el laboratorio JRamón del Perú se procedió a captar mediante tuberías los flujos críticos o fuentes de agua que sobrepasaban la concentración de sólidos suspendidos (flujos diferenciados) totales hacia una poza de bombeo, las cuales fueron derivados hacia el nivel 10 para su respectivo tratamiento. Las aguas que no sobrepasan en concentración de sólidos suspendidos totales fueron derivadas mediante tuberías hacia reservorios existentes para su reutilización.

3. Procedimiento de la prueba de jarras (ver anexo 08):

En cada prueba se realizó puntualmente el siguiente procedimiento:

  - a) Se tomó 04 muestras de 1 L de agua sometida a evaluación y se colocó en el equipo de jarras.
  - b) Se midió la turbidez inicial en cada muestra y como referencia también el pH, temperatura, conductividad y sólidos totales disueltos.
  - c) Se homogenizaron las muestras aplicando una agitación rápida de 200 rpm por el tiempo de 60 segundos.
  - d) Se agregó el coagulante Superpac MT-8834 en cada jarra a la dosificación determinada y se sometió a agitación por 60 segundos a 150 rpm.
  - e) Se agregó el floculante MT-6506 y se sometió a agitación por 5 minutos a 100 rpm.
  - f) Se dejó sedimentar a una velocidad lenta de 50 rpm por 5 minutos.
  - g) Finalmente se extrajo los vasos del equipo de jarras y se esperó por 5 minutos de sedimentación para poder medir la turbidez inicial.
  - h) El equipo utilizado para medir la turbidez fue el siguiente: Turbity Meter ORION AQ3010 – Thermo Scientific.
  
4. Preparación y dosificación de reactivos en el tratamiento de agua residual industrial en interior mina.
  - a) Inspeccionar el área de trabajo:

El personal realiza la identificación de los peligros y la evaluación de riesgos antes de iniciar la actividad de tratamiento del agua haciendo uso de las herramientas de gestión debidamente firmado por el supervisor.
  - b) Verificar los agitadores eléctricos:

Se realiza la inspección del agitador, sistema eléctrico asegurando el buen estado de los equipos, de lo contrario reportar al supervisor de área.
  - c) Traslado de materiales e insumos químicos (reactivo):

El traslado de reactivos, se realizará en pequeñas cantidades de acuerdo al cuadro de preparación de reactivos, el traslado será desde almacén hacia zona de tratamiento de agua.

d) Preparación de floculante y coagulante:

El personal realiza la preparación de reactivos según el siguiente cuadro.

Lugar	Nivel	Cantidad de Insumo	Caudal a tratar	Duración
Mina	10	1000 gr de Coagulante	92.7 L/s	8 horas
		500 gr de Floculante		

Posteriormente se adiciona 200 L de agua en cada uno de los cilindros, añadir la cantidad de reactivos especificados y encender el agitador eléctrico hasta obtener una mezcla homogénea.

e) Dosificación de floculante y coagulante en el tratamiento de agua residual:

Graduar la válvula para obtener el caudal de dosificación de la mezcla (25 L/hora) para el tratamiento de 92.7 L/s de agua residual industrial provenientes de actividades de explotación mineral subterránea.

### 3.1.2. Tipo de la investigación

El tipo de investigación que más se adecúa a la presente es el aplicado, puesto que, según Arroyo <sup>30</sup>, este tipo de investigaciones se enfocan en buscar la solución de problemas inmediatos y prácticos, como lo es el impacto de la calidad de los recursos hídricos provocados por actividades antropogénicas, para el caso extractivas como la actividad minera. De manera complementaria, el citado autor hace referencia que también en este tipo de investigación se utiliza información y/o conocimientos ya existentes a nivel de fuentes primarias y secundarias de información, existiendo una concordancia adecuada respecto de lo propuesto metodológica y científicamente, es decir, con el objeto de obtener un aporte científico representativo.

### 3.1.3. Nivel de la investigación

El nivel de la investigación apropiada para la presente aborda en un inicio al enfoque exploratorio desde el punto de vista metodológico, sin embargo, lo pertinente es enfocarse en un nivel superior respecto de la escala propuesta por autores expertos en el tema metodológico, como lo es Arroyo <sup>30</sup>, de modo que se seleccionó al nivel correlacional propiamente dicho como el adecuado para la presente investigación, así también cotejando una congruencia respecto de la formulación del problema, en sentido de análisis de la influencia.

### 3.2. Diseño de la investigación

Acorde al método específico de la investigación propuesto, el diseño apropiado para la presente se encuentra inmerso propiamente al pre-experimento <sup>30</sup>: por más que se realizaron análisis a nivel de laboratorio no se buscó la modificación propiamente dicha de una de las variables a lo largo del tiempo, más sí se realizó la observación pertinente y en función de ello tomar decisiones; de manera complementaria el diseño específico responde al análisis de corte transversal, puesto que se recolectaron datos en un solo momento específico desde el punto de vista metodológico y así determinar una relación de primera impresión que pueda ser replicada en la labor diaria en el contexto de estudio para el tratamiento de las aguas residuales industriales generadas en interior mina o en investigaciones que complementen a la presente de manera propiamente experimental.

### 3.3. Población y muestra

#### 3.3.1. Población

La población de la investigación estuvo compuesta por el caudal máximo de vertimiento (185 L/s) de efluente generadas en las actividades de

explotación de la Compañía Minera Casapalca S.A. autorizado por la Autoridad Nacional del Agua, a partir de ello se seleccionaron puntos de muestreo de la calidad del agua según lo enmarcado en la normativa nacional, de modo que se obtenga una serie de muestras sometidas a análisis en relación al objeto de estudio; dicha delimitación, identificación y selección de muestras se observa en el acápite subsiguiente.

### 3.3.2. Muestra

La muestra representativa de la investigación fue delimitada mediante un muestreo no probabilístico a conveniencia <sup>30</sup>, es decir, no se tuvo en cuenta una fórmula paramétrica para identificar y seleccionar las muestras cotejadas en campo, aquello en relación con el Instrumento de Gestión Ambiental desarrollado y puesto en práctica por la empresa objeto de estudio, en la cual se tienen ya delimitados los puntos de muestreo del efluente del nivel 10 y del 18, así como los parámetros a analizar en campo y en laboratorio, de modo que se cumplan con rigurosidad lo propuesto por la normativa nacional respecto del seguimiento y control de los recursos hídricos basados en un protocolo validado y publicado. Los puntos (ver anexo 03) y parámetros objeto de estudio se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 11. *Puntos de monitoreo de agua respecto del nivel 10, 18 y parámetros a analizar respecto del lugar de muestreo.*

Puntos Nivel 10 (codificación)	Puntos Nivel 18 (codificación)	Parámetros
• Nivel 10-1	• Nivel 18-1	1. pH.
• Nivel 10-2	• Nivel 18-2	2. Temperatura (°C).
• Nivel 10-3	• Nivel 18-16	3. Conductividad eléctrica ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ).
• Nivel 10-4	• Nivel 18-29	4. Caudal (L/s).
• Nivel 10-5	• Nivel 18-30	5. Sólidos totales suspendidos (mg/L).
• Nivel 10-6	• Nivel 18-32	
• Nivel 10-8	• Nivel 18-33	

Fuente: elaboración propia en función del informe de ensayo.

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

#### 3.4.1. Técnicas de recolección de datos

Las técnicas de recolección propiamente aplicadas, en relación con el método específico seleccionado, fueron la observación y la entrevista <sup>30</sup>, reflejadas puntualmente en las listas de cotejo proporcionadas por el laboratorio acreditado que asumió el análisis de las muestras de agua así como por el testimonio de entrevista anexado debidamente en la investigación; ambos tangibles se evidencian en el acápite subsiguiente puesto que su plasmado en la realidad como un formato y registro ya es propiamente nombrado como instrumento de recolección de datos desde el punto de vista metodológico.

#### 3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos de recolección de datos utilizados en la investigación fueron puntualmente los siguientes:

- Lista de cotejo N° 01 (ver anexo 02): “Cadena de custodia - Calidad de agua”, proporcionada como registro por la empresa que realizó propiamente el informe de ensayo mediante el análisis de las muestras recolectadas: J.Ramón del Perú S.A.C.
- Guía de entrevista no estructurada (ver anexo 10): reflejada en el testimonio de entrevista anexada debidamente en la presente; el canal de comunicación con el entrevistado: Ing. Renán Fernández, Jefe de Medio Ambiente y Obras Civiles de la Compañía Minera Casapalca S.A., fue netamente oral y registrada en grabación de voz, de modo que fue plasmado tangiblemente en el testimonio presentado.

### 3.5. Técnicas de análisis y procesamiento de datos

Las técnicas de análisis y procesamiento de datos desde el punto de vista metodológico fueron los siguientes:

- Respecto del laboratorio (análisis indirecto en función de lo requerido a partir de la toma de muestras) el método de ensayo estuvo regido por las siguientes normas: SM Part 3111 B, 22nd Ed., 2012 y EPA 200.8, Rev 5.4., 1994; cumpliendo lo requerido por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL).
- Respecto de la comprobación de la hipótesis y análisis de información: Se empleó la estadística descriptiva e inferencial, reflejada en la prueba de hipótesis de correlación de Pearson, propuesto por Triola <sup>31</sup>, sustentada por la prueba de normalidad estadística de Shapiro-Wilk.



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Resultados de la investigación

En base a los resultados se observa que la dosificación de 5 mL de coagulante Superpac MT-8834 al 0.5 % con 2.5 mL de floculante MT-6506 al 0.075 % en 1 litro de efluente nos brinda una turbidez aceptable de 0.97 NTU, un mayor consumo de floculante y coagulante nos da resultados similares.

Tabla 12. *Resultados de la prueba de jarras.*

Muestra: Agua de interior mina (nivel 18)		pH = 7; T = 9.1 °C; Conductividad = 1760 $\mu$ S/cm; STD = 880 ppm; turbidez = 25.157 NTU prom.				
Superpac MT-8834			Floculante MT-6506			
Nº	Concentración	Dosis	Concentración	Dosis	Inicial	Final
Test	_____ %	mL	_____ %	mL	_____ NTU	_____ NTU
1	0.5	5	0.075	2.5	29.7	0.97

Fuente: elaboración propia.

La estimación correspondiente al tratamiento del agua residual industrial generada en las actividades de explotación minera subterránea respecto de la cantidad de insumos ideales, a un caudal constante y para consumos respecto del día, mes y año se describen en la siguiente tabla:

Tabla 13. *Dosificación ideal para el tratamiento óptimo de las aguas residuales industriales provenientes de las actividades de explotación minera subterránea de la Compañía Minera Casapalca S.A.*

Cantidad de insumo- preparación (kg)	Coagulante Superpac	1
	Floculante MT 6506	0.5
Cilindro de preparación (L)		200
Caudal de dosificación (mL/s)	Coagulante Superpac	25
	Floculante MT 6506	25
Caudal a tratar (L/s)		92.7
Duración de la dosificación (horas)		8
Consumo semanal (kg) tras la optimización	Coagulante Superpac	21
	Floculante MT 6506	10.5
Consumo mensual (kg) tras la optimización	Coagulante Superpac	84
	Floculante MT 6506	42
Consumo anual (kg) tras la optimización	Coagulante Superpac	1008
	Floculante MT 6506	504

Fuente: elaboración propia.

De modo que se cumplan los objetivos específicos planteados, las características de las aguas residuales industriales generadas en interior mina de la Compañía Minera Casapalca S.A. posterior a la aplicación de los reactivos optimizadores del tratamiento propiamente dicho, en concordancia con el informe de ensayo apropiado (ver anexo 05), se evidenciaron mediante los siguientes datos correspondientes a la fecha en la que se realizó la investigación (ver tabla subsiguiente).

Tabla 14. *Concentraciones estimadas respecto de la estación de monitoreo EF-4 tras la optimización del tratamiento de las aguas residuales industriales generadas en correspondencia.*

Parámetros	Límites Máximos Permisibles D.S. 010- 2010-MINAM	Estación de monitoreo EF-4					Promedio
		OCTUBRE					
		Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4		
pH	6-9	7.19	7.3	6.8	7.24	7.13	
Temperatura (°C)	No aplica	10.3	9.8	11	10.11	10.3	
Conductividad eléctrica (us/cm)	No aplica	1535	1326	722	630	1053.25	
Turbiedad (NTU)	No aplica	3.71	10.9	3.77	3.8	5.55	
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	50	2	15	3	5	6.25	

Fuente: elaboración propia en función del informe de ensayo.

Se observa en la tabla 14 que el valor obtenido para el contaminante objeto de estudio, es decir, los sólidos suspendidos totales, fue de 6.25 mg/L, para el punto de control de vertimiento de agua autorizado para la Compañía Minera Casapalca S.A. y correspondiente al nivel de análisis, es decir, el nivel 10, donde propiamente se encuentra dicho punto de control y/o fiscalización propuesto y validado por la Autoridad Nacional del Agua; el valor obtenido tras el escenario de optimización alcanzada por la dosificación ideal de los reactivos tratantes utilizados se encuentra por debajo de los Límites Máximos Permisibles (LMP) propuesto en el Decreto Supremo 010-2010-MINAM, el cual reporta para un entorno de análisis comparativo de “momento” al valor de 50 mg/L, así también para el límite de promedio anual a 25 mg/L, evidenciando que se obtuvo un valor fiscalizable dentro de los parámetros establecidos por ley y cumpliendo propiamente con la misma, tal como se observa en la figura subsiguiente:

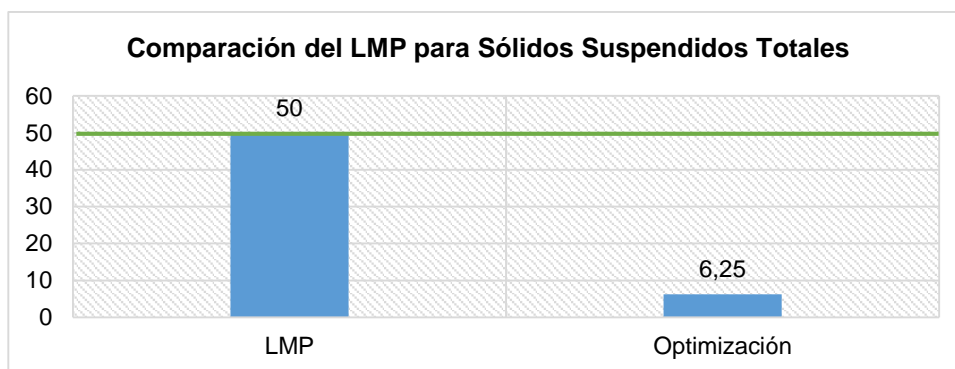


Figura 08. Representación gráfica del valor obtenido para sólidos suspendidos totales tras la optimización de la dosificación de los reactivos y su comparativa con el límite máximo permisible.

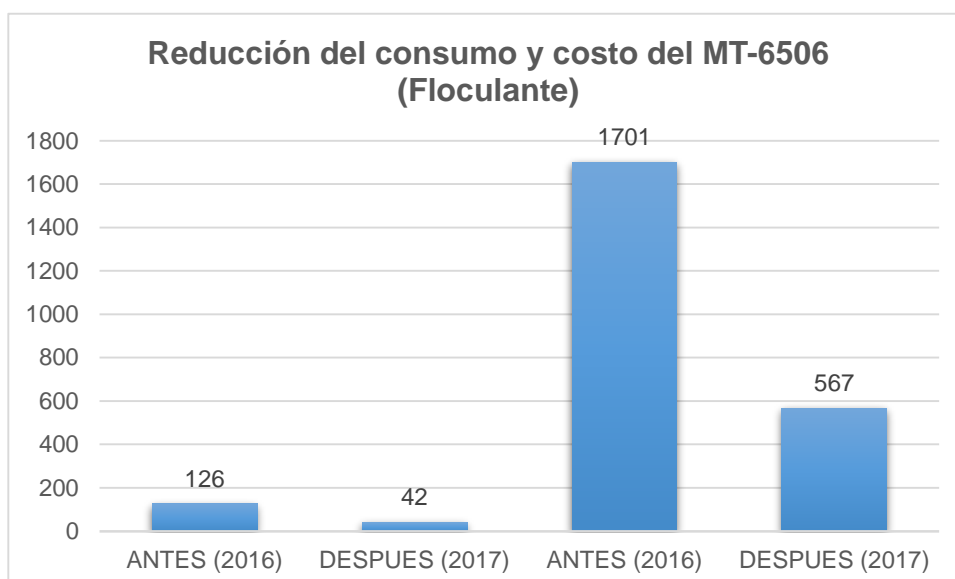
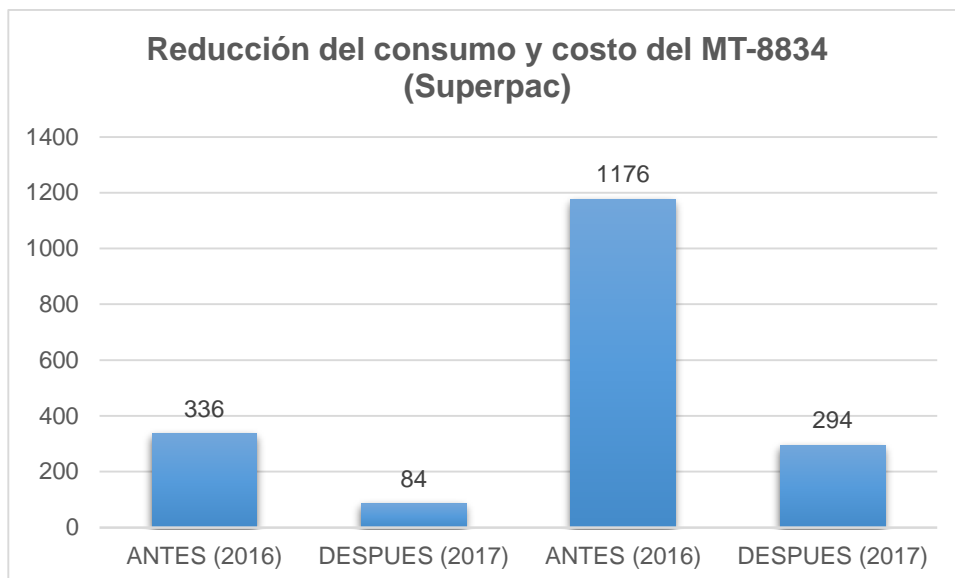
Fuente: elaboración propia.

Para evidenciar el entorno de eficiencia se analizó al consumo total de los reactivos objeto de estudio, así como su costo correspondiente respecto de dos años en comparación: el año 2016 donde se evidenció un escenario de dosificación empírica frente a la propuesta alcanzada asumiendo un mes del año 2017, presentado la siguiente tabla y su representación gráfica respectiva:

Tabla 15. Consumo semanal, mensual y gráfica de eficiencia para el MT-8834 (Superpac) y el MT-6206 (floculante) antes y después del proceso de optimización.

MT-8834 (Superpac)			MT-6506 (Floculante)		
Semanal (cantidad)	2016	84 kg	Semanal (cantidad)	2016	31.5 kg
	2017	21 kg		2017	10.5 kg
Semanal (costo)	2016	S/ 294.00	Semanal (costo)	2016	S/ 425.25
	2017	S/ 73.50		2017	S/ 141.75
Mensual (cantidad)	2016	336 kg	Mensual (cantidad)	2016	126 kg
	<b>2017</b>	<b>84 kg</b>		<b>2017</b>	<b>42 kg</b>
Mensual (costo)	2016	S/ 1176.00	Mensual (costo)	2016	S/ 1701.00
	<b>2017</b>	<b>S/ 294.00</b>		<b>2017</b>	<b>S/ 567.00</b>

Fuente: elaboración propia.



*Figura 09.* Representaciones gráficas de la reducción del consumo y costos de los reactivos usados en la optimización del tratamiento de las aguas residuales.

Fuente: elaboración propia.

En las gráficas de la figura 09 se evidencia que, a comparación del año 2016, para el año 2017, donde se evidenció la práctica de una correcta dosificación de los reactivos coagulantes, se tiene una reducción para ambos casos y en correspondencia también una menor inversión por parte de la empresa minera, evidenciando un escenario de productividad mayor.

#### 4.1.1. Prueba de hipótesis

a) Respecto de la hipótesis específica 1:

- ➔ La aplicación del MT 8834 – Coagulante (Superpac) tras la optimización del tratamiento de las aguas residuales diferenciadas industriales generadas en el proceso de explotación minera subterránea (nivel 10) de la Compañía Minera Casapalca S.A. – U.E.A. Americana en el año 2017 se relaciona con la disminución de la concentración de la turbidez (hipótesis alterna).

Considerando los resultados presentando en el siguiente cuadro:

SUPERPAC MT-8434				
N° TEST	CONCENTRACIÓN (%)	DOSIS (mL)	TURBIDEZ (NTU)	
			INICIAL	FINAL
1	0,5	1	29,7	7,05
2	0,5	2,5	21,4	2,14
3	0,5	5	25,8	0,52
4	0,5	10	23,8	0,3

Figura 10. Cuadro de la relación entre el MT 8834 – Coagulante (Superpac) y la turbidez.

Fuente: elaboración propia.

- ➔ Prueba de normalidad: se desarrolla la normalidad de los datos de la dosis de coagulante y la turbidez:

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl.	Sig.	Estadístico	gl.	Sig.
Dosis	.212	4	.	.933	4	.614
Turbidez	.296	4	.	.814	4	.130

a. Corrección de significación de Lilliefors

Figura 11. Prueba de normalidad estadística para la relación entre MT 8834 – Coagulante (Superpac) y la turbidez.

Fuente: elaboración propia.

Se aplica la prueba de Shapiro-Wilk por tener una cantidad de datos mínima y siendo el valor de significancia estadística de la prueba mayor que el valor crítico de 0.05 se acepta la aseveración que refleja normalidad.

→ Diagrama de dispersión entre variables de dosis de coagulante y turbidez:

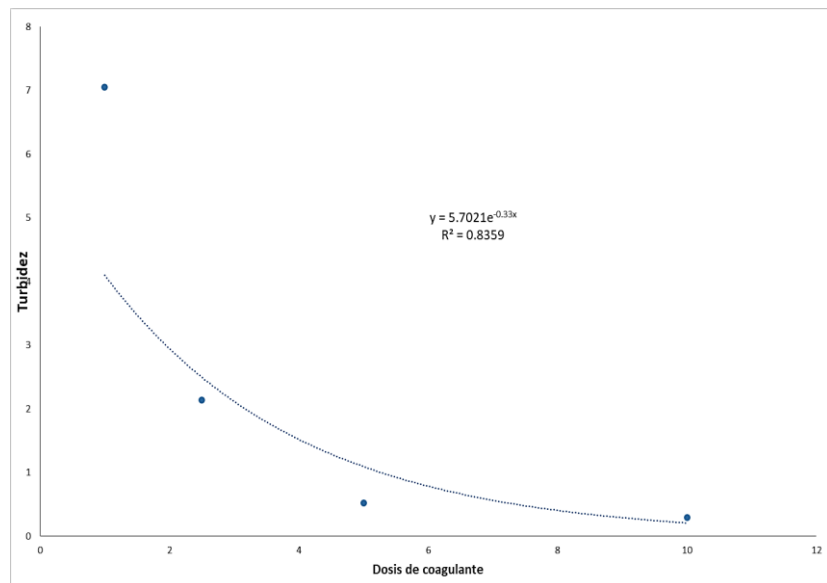


Figura 12. Representación de la regresión exponencial para la relación del MT 8834 – Coagulante (Superpac) y la turbidez.

Fuente: elaboración propia.

Podemos observar que su mejor regresión es exponencial con un índice de determinación de  $r^2 = 0.8359$ .

→ Prueba de correlación entre el coagulante y turbidez (SST).

Resumen del modelo			
R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
.914	.836	.754	.707

La variable independiente es Dosis.

Figura 13. Prueba de correlación para el coagulante.

Fuente: elaboración propia.

Donde r es el índice de correlación de valor 0.914 que nos indica alta correlación a nivel muestral.

→ Prueba de ANOVA:

ANOVA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	5.088	1	5.088	10.189	.046
Residuo	.999	2	.499		
Total	6.087	3			

La variable independiente es Dosis.

Figura 14. Representación de la prueba de ANOVA para el coagulante.

Fuente: elaboración propia.

Se observa que la probabilidad de la prueba (sig. = 0.046) es menor que la significancia de 0.05 por lo que se rechaza la hipótesis nula y acepta la hipótesis alterna llegando a la conclusión que: si existe correlación exponencial entre la dosis del coagulante y la disminución de la turbidez, presentada al inicio de la sección.

b) Respecto de la hipótesis específica 2:

→ La aplicación del MT 6506 – Floculante tras la optimización del tratamiento de las aguas residuales diferenciadas industriales generadas en el proceso de explotación minera subterránea (nivel 10) de la Compañía Minera Casapalca S.A. – U.E.A. Americana en el año 2017 se relaciona con la disminución de la concentración de la turbidez.

Considerando los resultados presentando en el siguiente cuadro:

SUPERPAC MT-6506				
N° TEST	CONCENTRACIÓN (%)	DOSIS (mL)	TURBIDEZ	
			INICIAL	FINAL
1	0,075	2,5	29,7	0,97
2	0,075	5	21,4	0,88
3	0,075	5	25,8	0,7
4	0,075	10	23,8	0,78

Figura 15. Cuadro de la relación entre el MT 6506 – Floculante y la turbidez.

Fuente: elaboración propia.



→ Prueba de normalidad: se desarrolla la normalidad de los datos de la dosis de floculante y la turbidez:

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl.	Sig.	Estadístico	gl.	Sig.
Dosis	.218	4	.	.920	4	.538
Turbidez	.172	4	.	.986	4	.935

a. Corrección de significación de Lilliefors

Figura 16. Prueba de normalidad estadística para la relación entre MT 6506 – Floculante y la turbidez.

Fuente: elaboración propia.

Se aplica la prueba de Shapiro-Wilk por tener una cantidad de datos mínima y siendo el valor de significancia estadística de la prueba mayor que el valor crítico de 0.05 se acepta la aseveración que refleja normalidad.

→ Diagrama de dispersión entre variables de dosis de floculante y turbidez:

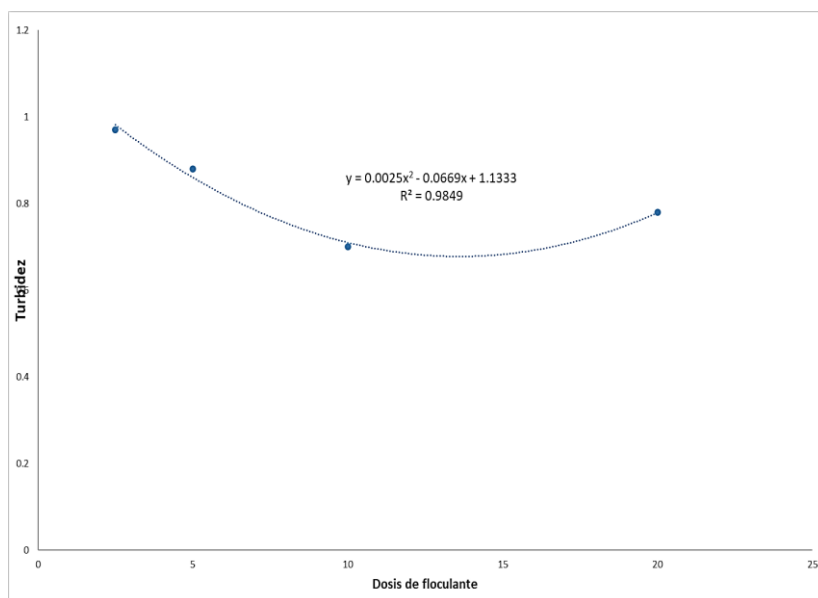


Figura 17. Representación de la regresión exponencial para la relación del MT 6506 – Floculante y la turbidez.

Fuente: elaboración propia.

En el ajuste se da una regresión cuadrática ( $r^2= 0.9849$ ), sin embargo, vale comentar que esta prueba también es influenciada por la velocidad de agitación.

→ Prueba de correlación entre el floculante y turbidez (SST).

**Resumen del modelo**

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
.992	.985	.955	.025

La variable independiente es Dosis.

Figura 18. Prueba de correlación para el floculante.

Fuente: elaboración propia.

Existe una correlación perfecta en la muestra a escala cuadrática, lo cual indica que hay picos de dosificación en las cuales se optimiza la baja de turbidez.

→ Prueba de ANOVA:

**ANOVA**

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	.041	2	.020	32,706	.049
Residuo	.001	1	.001		
Total	.041	3			

La variable independiente es Dosis.

Figura 19. Representación de la prueba de ANOVA para el floculante.

Fuente: elaboración propia.

Se observa que la probabilidad de la prueba (sig. = 0.049) es menor que la significancia de 0.05 por lo que se rechaza la hipótesis nula y acepta la hipótesis alterna llegando la conclusión que: si existe correlación cubica entre la dosis del floculante y la disminución de la turbidez.

c) Prueba de hipótesis general:

→ Se plantearon los siguientes supuestos:

- H0: No existe una relación entre la turbidez y los sólidos suspendidos totales asociado a la optimización del tratamiento de las aguas residuales industriales generadas en el proceso de explotación minera subterránea (nivel 10) de la Compañía Minera Casapalca S.A. – U.E.A. Americana en el año 2017.
- Ha: Existe una relación entre la turbidez y los sólidos suspendidos totales asociado a la optimización del tratamiento de las aguas residuales industriales generadas en el proceso de explotación minera subterránea (nivel 10) de la Compañía Minera Casapalca S.A. – U.E.A. Americana en el año 2017

→ Diagrama de validación de la correlación entre la turbidez y los sólidos suspendidos totales.

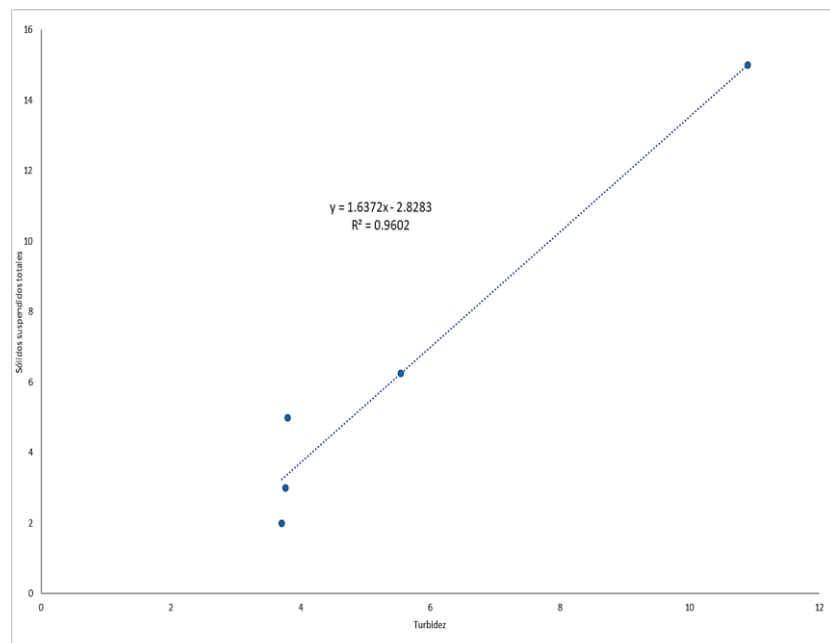


Figura 20. Representación de la correlación entre la turbidez y los sólidos suspendidos totales.

Fuente: elaboración propia.

Se observa que el valor de correlación es de  $r^2 = 0.9602$ , encontrando un valor significativo de relación (directamente proporcional) entre la turbidez y la concentración de sólidos suspendidos totales tras la optimización del tratamiento de las aguas residuales industriales generadas en el proceso de explotación minera subterránea (nivel 10) de la Compañía Minera Casapalca S.A. – U.E.A. Americana en el año 2017.

#### 4.2. Discusión de resultados

Inicialmente se analizó el requerimiento en función del análisis de la problemática respecto de la optimización del tratamiento del efluente industrial generado en interior mina (nivel 10 puesto que se da aquí el punto de control de vertimiento); lo reportado por en el testimonio de entrevista, comprobado por el análisis comparativo respecto de la dosificación adecuada de floculante y coagulante, concuerda con lo señalado por Torres <sup>15</sup>, que hace mención a que “la necesidad de seleccionar, evaluar y optimizar las infraestructuras y procesos propios de una planta o alternativa de tratamiento ya existente basada en el muestro y caracterización enfocada en la verificación del desempeño de los sistemas de tratamiento sin dejar de lado la capacitación al personal operativo y encargado del manejo y mantenimiento propio del sistema”, en sentido a la persistencia de la práctica de técnicas empíricas de dosificación de los reactivos tratantes, sustentando así la necesidad de abordar como tal a dicha situación para obtener resultados que permitan tomar decisiones adecuadas y significativas respecto de la productividad de la empresa y el cumplimiento de sus compromisos ambientales.

Respecto de las consideraciones de optimización en el sentido de una nueva cantidad necesaria para tratar el efluente de interior mina respecto de la turbidez y su relación con la concentración de los sólidos suspendidos totales, se llegó a los resultados de que es necesario dosificar mensualmente 84 kg de Superpac (MT-8834) y 42 kg de MT-Floculante (MT-6506); en comparativa con el primer ideal de utilización de 336 kg y 126 kg de manera empírica respectivamente, se tiene que el valor del Superpac ideal se llegó a reducir a su cuarta parte, mientras que el valor del floculante se llegó a reducir en un tercio de su promedio de utilización; ello concuerda parcialmente con lo señalado por Véliz et. al. <sup>12</sup> y Solís et. al. <sup>14</sup>, que

mencionan estándares de dosificación variante respecto de las pruebas de jarras realizadas en cada caso, evidenciando la necesidad de tomar muy en cuenta las características de cada efluente objeto de estudio, puesto que, en la realidad, cada actividad extractiva geográficamente (hidrogeológicamente) tiende a presentar características muy variables; los valores obtenidos se ajustan de mejor manera a lo propuesto por Huerga <sup>16</sup>, que analizó puntualmente vertidos industriales y los trató con floculantes y coagulantes de similar o equivalente composición con los utilizados en la presente.

Respecto de las características del efluente, es decir, los parámetros analizados y sus concentraciones luego de la aplicación del mecanismo de optimización se vieron reducidas y por tanto el impacto ambiental se observó en percepción mitigado para el momento tras el empleo de una alternativa eficiente de tratamiento. Ello concuerda con lo realizado por Pacheco-Gutiérrez y Domínguez-de-Bazúa <sup>11</sup>, Véliz et. al. <sup>12</sup>, Huerga <sup>16</sup>, Díaz <sup>18</sup> y Lorenzo-Acosta <sup>19</sup>, que en conjunto afirman que la implementación de un mecanismo de tratamiento adecuado, en función de su optimización, refleja una disminución considerable respecto de la concentración de los contaminantes presentes o emergentes en los recursos hídricos continentales; de igual modo, en la presente se llega a comprobar que la necesidad de caracterizar el efluente refleja mucha importancia puesto que en función de ello se tomarán decisiones oportunas que también sumen a optimizar al tratamiento propiamente dicho, sumando dicho término (caracterización) a la validación de uno de los supuestos considerados relacionado a la necesidad de utilizar la prueba de jarras como entorno de dosificación ideal (evidenciando como método de determinación de la dosis ideal), de modo que las conclusiones de la presente reflejen representatividad y rigurosidad respecto del manejo de información científica y/o conocimiento adecuado en relación a que al tener una baja concentración de sólidos suspendidos totales, estadísticamente se logró demostrar que se tiene un bajo impacto a nivel de turbidez, siendo positivo para consideraciones de evaluación de campo de los efluentes vertidos.

Respecto de la relación del coagulante y floculante empleado para alcanzar escenarios de optimización del tratamiento, el resultante obtenido en la presente concuerda parcialmente con lo reportado por Solís et. al. <sup>14</sup>, Véliz et. al. <sup>12</sup>, Huerga <sup>16</sup> y García-Gómez et. al. <sup>13</sup>: respecto de las tres primeras citas reportan una optimización respecto de la eficiencia muy alta o considerable, la cual fue validada

en la presente estadísticamente al propiamente observar que dicho escenario favorece a la reducción de la turbidez del efluente, mientras que el último autor citado hace referencia a un porcentaje muy bajo; es oportuno acotar que todos los autores citados en el presente párrafo hacen mención a que las pruebas de jarras desarrolladas tuvieron en cuenta a los reactivos tratantes “bien puntuales o adecuados o viceversa”, es decir, otros o distintos a los que se detallan en sus compromisos ambientales validados y certificados, evidenciando la necesidad de la prueba de otros reactivos de manera tentativa para el tratamiento del efluente industrial en la zona de estudio de manera complementaria en investigaciones similares, de modo que se complemente al método empleado en la presente.

En sentido de la identificación de los potenciales beneficios que componen a los parámetros inmersos en la sostenibilidad: la sociedad, el ambiente y la economía, los resultados de la presente concuerda con lo señalado por Pacheco-Gutiérrez y Domínguez-de-Bazúa <sup>11</sup> y Requena <sup>17</sup> que hacen referencia a que los mecanismos de optimización del tratamiento de las aguas residuales industriales de interior mina influyen directamente en la mitigación y/o disminución de los impactos ambientales negativos respecto del vertimiento de un efluente con parámetros en concentraciones por muy debajo de los Límites Máximos Permisibles (LMP) para el caso de la presente; de manera complementaria, los resultados de la optimización del tratamiento del efluente objeto de estudio concuerda con lo propuesto por García-Gómez et. al. <sup>13</sup>, que hacen referencia a que “la coagulación/floculación deben de guardar una relación exacta o precisa para demostrar eficiencia en el proceso propio del tratamiento y con ello la mejora de la calidad del medio ambiente, demostrada de manera directa con los resultados obtenidos de la prueba de jarras, y que “solucionan” o corrigen lo señalado respecto de la dosificación empírica que se estuvo dando, en relación a que porcentajes elevados de la concentración en relación de los insumos tratantes “supondría pérdidas innecesarias de floculante”, evidenciando un pro indirecto respecto de la preservación de la calidad ambiental; por otro lado, los resultados también concuerdan con lo propuesto por Solís et. al. <sup>14</sup>, en sentido de la aplicación de agentes coagulante-floculante que evidencian un potencial significativo respecto del tratamiento de aguas superficiales, que parcialmente se llegó a comprobar mediante la prueba estadística de correlación, haciendo necesaria aún la caracterización de los pasivos ambientales que puedan alterar la composición “equivalente al proceso” del efluente en sentido de representatividad.

## CONCLUSIONES

- 1) La aplicación de un método basado en la dosificación adecuada de los reactivos MT-Floculante y Superpac estimada en función de la prueba de jarras y la caracterización del efluente estableció una relación significativa entre la turbidez y los sólidos suspendidos totales ( $r^2 = 0.9602$ ) tras la optimización del tratamiento de las aguas residuales industriales generadas en el proceso de explotación minera subterránea (nivel 10) de la Compañía Minera Casapalca S.A. – U.E.A. Americana en el año 2017, así también se optimizó el costo de inversión de los reactivos al propiamente alcanzar valores que se encuentran por debajo de los Límites Máximos Permisibles (D.S. 010-2010-MINAM/Sólidos Totales en Suspensión: < 50 mg/L) tras la mencionada optimización.
- 2) Existe una relación directa entre la aplicación del MT 8834 – Coagulante (Superpac) y la concentración de la turbidez (sig. = 0.046) tras la optimización del tratamiento de las aguas residuales diferenciadas industriales generadas en el proceso de explotación minera subterránea (nivel 10) de la Compañía Minera Casapalca S.A. – U.E.A. Americana en el año 2017.
- 3) Existe una relación directa entre la aplicación del MT 6506 – Floculante y la concentración de la turbidez (sig. = 0.049) tras la optimización del tratamiento de las aguas residuales diferenciadas industriales generadas en el proceso de explotación minera subterránea (nivel 10) de la Compañía Minera Casapalca S.A. – U.E.A. Americana en el año 2017.

## RECOMENDACIONES

- 1) Realizar investigaciones posteriores donde se tengan en cuenta a los pasivos ambientales presentes en interior mina, de modo que se mida su grado de relación respecto de la potencial significatividad relacionado a escenarios de contaminación que representan como tal.
- 2) Realizar investigaciones que se enfoquen en el análisis de los Estándares de Calidad Ambiental de modo que se compruebe respecto del Área de Influencia Directa (AID) si se requiere de una optimización adicional al tratamiento de las aguas residuales industriales generadas en interior mina.
- 3) Utilizar reactivos o insumos catalogados como floculantes y coagulantes de distinta composición de modo que se compruebe su eficiencia en los procesos de tratamiento de aguas residuales industriales generadas en interior mina.
- 4) Realizar pruebas no convencionales propias de los tratamientos terciarios o complementarios de las aguas residuales enfocadas en cada uno de los parámetros analizados (Ejm: adsorción, electrocoagulación, etc.).



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. COMISIÓN TÉCNICA MULTISECTORIAL. *Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos del Perú*. Lima : Autoridad Nacional del Agua, 2009.
2. GREENFACTS. *Recursos Hídricos: Resumen del 2do Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo*. México D.F. : GREENFACTS, 2009.
3. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN, LA CIENCIA Y LA CULTURA. *Agua y empleo*. París : WWAP, 2016. 9789233000353.
4. ALMAU, C. *Metodología para la descontaminación de aguas procedentes de lavaderos de instalaciones mineras*. Cartagena : Universidad Politécnica de Cartagena, 2012.
5. BAQUERO, J. y otros. *Tratamiento de Aguas Ácidas. Prevención y Reducción de la Contaminación*. Madrid : Cobre Las Cruces, 2008, **10**. 18857264.
6. DOUROJEANNI, A. *Gestión de recursos hídricos en el Perú: restricciones y soluciones*. Chiclayo : Debate Agrario, 1987.
7. MORAN, R. *Aproximaciones al costo económico de impactos ambientales en la minería*. 1, Ottawa : Ambiente y Desarrollo, 2001, **XVII**. 07161476.
8. EL COMERCIO. *Contaminación en río Rímac cuesta S/. 30 millones más a Sedapal*. Empresa Editora El Comercio, 2015.
9. HERRERA, P. y MILLONES, O. *¿Cuál es el costo de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos en el Perú?* Lima : Economía y Sociedad, 2012, **79**.
10. ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL. *25 Procedimientos Sancionadores tienen mineras por Contaminación del Río Rímac*. Lima : OCAC-OEFA, 2010.
11. PACHECO-GUTIÉRREZ, L. y DOMÍNGUEZ-DE-BAZÚA, M. *Uso del agua en la industria minera. Parte 2: Estudio de opciones para reciclar el agua de proceso*. 1, Monterrey : Tecnología, Ciencia, Educación, 2007, **22**. 01866036.

12. VÉLIZ, E. y otros. *Evaluación de la eficiencia de los procesos de coagulación-floculación y ozonización a escala de laboratorio en el tratamiento de aguas residuales municipales*. 1, La Habana : CENIC. Ciencias Químicas, 2010, **41**. 10158553.
13. GARCÍA-GÓMEZ, C., GORTÁRES-MOROYOQUI, P. y DROGUI, P. *Contaminantes emergentes: efectos y tratamientos de remoción*. 2, Buenos Aires : Química Viva, 2011, **10**. 16667948.
14. SOLÍS, R. LAINES, J. y HERNÁNDEZ, J. *Mezclas con potencial coagulante para clarificar aguas superficiales*. 3, Tabasco : Rev. Int. Contaminación Ambiental, 2012, **28**. 01884999.
15. TORRES, P. *Perspectivas del tratamiento anaerobio de aguas residuales domésticas en países en desarrollo*. 18, Envidado : R. EIA, 2012. 17941237.
16. HUERGA, E. *Desarrollo de alternativas de tratamiento de aguas residuales industriales mediante el uso de tecnologías limpias dirigidas al reciclaje y/o valorización de contaminantes*. Valencia : Universitat de Valencia - Servei de Publicacions, 2005.
17. REQUENA, M. *Sistema de tratamiento integral de aguas residuales industriales en UEA Animon de Empresa Administradora Chungar S.A.C*. Lima : Universidad Nacional de Ingeniería, 2008.
18. DÍAZ, J. *Tratamiento biológico como alternativa para disminuir el impacto ambiental ocasionado por el drenaje ácido, generado por la actividad minera en el municipio de Marmato - Caldas*. Manizales : Universidad de Manizales, 2013.
19. LORENZO-ACOSTA, Y. *Estado del arte del tratamiento de aguas por coagulación-floculación*. Cuba : ICIDCA, 2006. 01386204.
20. DOMÉNECH, X. *Química ambiental*. Madrid : Miraguano S.A. Editores, 2000.
21. MINISTERIO DE MINERÍA. *Gestión de residuos industriales líquidos mineros y buenas prácticas*. Santiago : Consejo Minero, 2002.
22. MONTESINOS, M. *Caracterización de efluentes de mina para elección de la alternativa óptima de tratamiento*. Lima : Pontificia Universidad Católica del Perú, 2017.
23. RAMALHO, R. *Tratamiento de aguas residuales*. Quebec : REVERTE, 2009. 9788429192070.

24. MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. *Guía ambiental de manejo de agua en operaciones minero-metalúrgicas*. Lima : MEM, 2004.
25. ESPIGARES, M. y PÉREZ, J. *Aguas residuales: Composición*. Granada : Universidad de Granada, 1985.
26. AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA. *Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos*. Lima : Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos, 2011.
27. ANDÍA, Y. *Tratamiento de agua: Coagulación y Floculación*. Lima : SEDAPAL, 2000.
28. RESTREPO, H. *Evaluación del proceso de coagulación - floculación de una planta de tratamiento de agua potable*. Medellín : Universidad Nacional de Colombia, 2009.
29. R-CHEMICAL. <http://www.r-chemical.com>. [En línea] BlueOcean, 2014. [Citado el: 12 de 12 de 2017.] <http://www.r-chemical.com/la-prueba-de-jarras-en-una-planta-de-tratamiento-de-agua-potable/>.
30. ARROYO, J. *¿Cómo ejecutar un plan de investigación?* Huancayo : Fundación para el Desarrollo y Aplicación de las Ciencias, 2012.
31. TRIOLA, M. *Estadística*. México D.F. : Pearson Educación, 2004. 9702605199.

## **ANEXOS**

Anexo 01. Matriz de consistencia.

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
<p><b>Problema general:</b></p> <p>¿Cuál es la relación de la turbidez y los sólidos suspendidos totales asociado a la optimización del tratamiento de las aguas residuales industriales generadas en el proceso de explotación minera subterránea (nivel 10) de la Compañía Minera Casapalca S.A. – U.E.A. Americana en el año 2017?</p> <p><b>Problemas específicos:</b></p> <p>¿Cuál es la relación de la aplicación del MT 8834 – Coagulante (Superpac) en la disminución de la concentración de la turbidez tras la optimización del tratamiento de las aguas residuales diferenciadas industriales generadas en el proceso de explotación minera subterránea (nivel 10) de la Compañía Minera Casapalca S.A. – U.E.A. Americana en el año 2017?</p> <p>¿Cuál es la relación de la aplicación del MT 6506 – Floculante en la disminución de la concentración de la turbidez tras la optimización del tratamiento de las aguas residuales diferenciadas industriales generadas en el proceso de explotación minera subterránea (nivel 10) de la Compañía Minera Casapalca S.A. – U.E.A. Americana en el año 2017?</p>	<p><b>Objetivo general:</b></p> <p>Determinar la relación de la turbidez y los sólidos suspendidos totales asociado a la optimización del tratamiento de las aguas residuales industriales generadas en el proceso de explotación minera subterránea (nivel 10) de la Compañía Minera Casapalca S.A. – U.E.A. Americana en el año 2017.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <p>Determinar la relación de la aplicación del MT 8834 – Coagulante (Superpac) en la disminución de la concentración de la turbidez tras la optimización del tratamiento de las aguas residuales diferenciadas industriales generadas en el proceso de explotación minera subterránea (nivel 10) de la Compañía Minera Casapalca S.A. – U.E.A. Americana en el año 2017.</p> <p>Determinar la relación de la aplicación del MT 6506 – Floculante en la disminución de la concentración de la turbidez tras la optimización del tratamiento de las aguas residuales diferenciadas industriales generadas en el proceso de explotación minera subterránea (nivel 10) de la Compañía Minera Casapalca S.A. – U.E.A. Americana en el año 2017.</p>	<p><b>Hipótesis nula:</b></p> <p>H0: No existe una relación entre la turbidez y los sólidos suspendidos totales asociado a la optimización del tratamiento de las aguas residuales industriales generadas en el proceso de explotación minera subterránea (nivel 10) de la Compañía Minera Casapalca S.A. – U.E.A. Americana en el año 2017.</p> <p><b>Hipótesis alterna:</b></p> <p>Ha: Existe una relación entre la turbidez y los sólidos suspendidos totales asociado a la optimización del tratamiento de las aguas residuales industriales generadas en el proceso de explotación minera subterránea (nivel 10) de la Compañía Minera Casapalca S.A. – U.E.A. Americana en el año 2017.</p>	<p><b>Variable dependiente:</b></p> <p>Dosificación para la reducción de la concentración de la turbidez y SST respecto del tratamiento de las aguas residuales subterráneas.</p> <p><b>Variable independiente:</b></p> <p>Método de optimización de dosificación.</p>	<p><b>Método general:</b></p> <p>Deductivo y analítico.</p> <p><b>Método específico:</b></p> <p>Observacional.</p> <p><b>Tipo de investigación:</b></p> <p>Aplicada.</p> <p><b>Nivel de investigación:</b></p> <p>Correlacional:</p> <p><b>Diseño de investigación:</b></p> <p>Pre-experimental, transversal.</p> <p><b>Población:</b></p> <p>Efluente generado en el nivel 10 – interior mina.</p> <p><b>Muestra:</b></p> <p>Respecto de 8 puntos de muestreo del nivel 10.</p> <p><b>Técnicas de recolección de datos:</b></p> <p>Observación y entrevista.</p> <p><b>Instrumentos de recolección de datos:</b></p> <p>Cadena de custodia.</p>

Anexo 02. Cadena de custodia – Instrumento de recolección de datos.



**J RAMON**

### CADENA DE CUSTODIA CALIDAD DE AGUA

SIG-MO-P-01-F-01  
 N° de Cadena: **45683**  
 Pág. **1** de **1**

Razón Social: CIA MINERA CASAPALLA Solicitado por: CIA MINERA CASAPALLA Informe de Monitoreo N°: \_\_\_\_\_  
 Precedencia: U.E.A. AMERICANA Contacto: LUIS VIVAS MELO  
 Referencia: MONITORIO DE CALIDAD DE AGUA EN INTERIOR MINA - NIVEL 10

Muestreo: Realizado por J. Ramón del Parí  Realizado por el Cliente:

N°	Código de Etiqueta	Fecha de Muestra	Hora de Muestra	Coordenadas E, Este, N, Norte, C, Cota	Tipo de muestra (Litro)	TSS	NIQUELO	COBALTO	M. TOTAL	X 100	Código de Laboratorio (1)	N° Frasco	Observaciones
1	NIVEL 10-1	05/10	09:05		AR4	✓	✓	✓			MA17100074.01	03	
2	NIVEL 10-2	05/10	09:13		AR4	✓	✓	✓			MA17100074.02	03	
3	NIVEL 10-3	05/10	09:24		AR4	✓	✓	✓			MA17100074.03	03	
4	NIVEL 10-4	05/10	10:33		AR4	✓	✓	✓			MA17100074.04	03	
5	NIVEL 10-5	05/10	10:56		AR4	✓	✓	✓			MA17100074.05	03	
6	NIVEL 10-6	05/10	11:20		AR4	✓	✓	✓			MA17100074.06	03	
7	NIVEL 10-7	05/10	11:40		AR4	✓	✓	✓			MA17100074.07	03	
8	NIVEL 10-8	05/10	12:02		AR4	✓	✓	✓			MA17100074.08	03	
9	NIVEL 10-9	05/10	12:19		AR4	✓	✓	✓			MA17100074.09	03	
10	NIVEL 10-10	05/10	12:51		AR4	✓	✓	✓			MA17100074.10	03	
11													
12													
Tipo de muestra: <b>P P P</b>											Total	<b>30</b>	

Desde: \_\_\_\_\_  
 (1) Información ingresada en Recepción  
 (2) Categoría: AN-Agua Natural, AR-Agua Residual, AC-Agua de Uso y Consumo Humano, AS-Agua Salina, AP-Agua de Proceso  
 (3) Subcategoría: HJ VA-Vidrio Amber, V-Vidrio, P-Polietileno, PO-Polietileno Oscuro, CALIBAL, QV-Caudal Volumétrico, QF-Caudal Flotador, QC-Caudal Correntómetro

Metas Totales: As, Cd, Pb, Hg, Zn, Fe, Cu  
 Metales Disueltos: Fe  
 Informe Adicional: \_\_\_\_\_

AN	AR	AC	AS	AP
1. Subterránea	2. Doméstica	3. Agua de Bebe	4. Mar	5. Agua de Condensación
6. Industrial	7. Agua de Proceso	8. Salina	9. Agua de Alcantarillado	10. Agua de Alcantarillado
11. Residual	12. Agua de Lavado	13. Agua de Lavado	14. Agua de Lavado	15. Agua de Lavado
16. Agua de Lavado	17. Agua de Lavado	18. Agua de Lavado	19. Agua de Lavado	20. Agua de Lavado

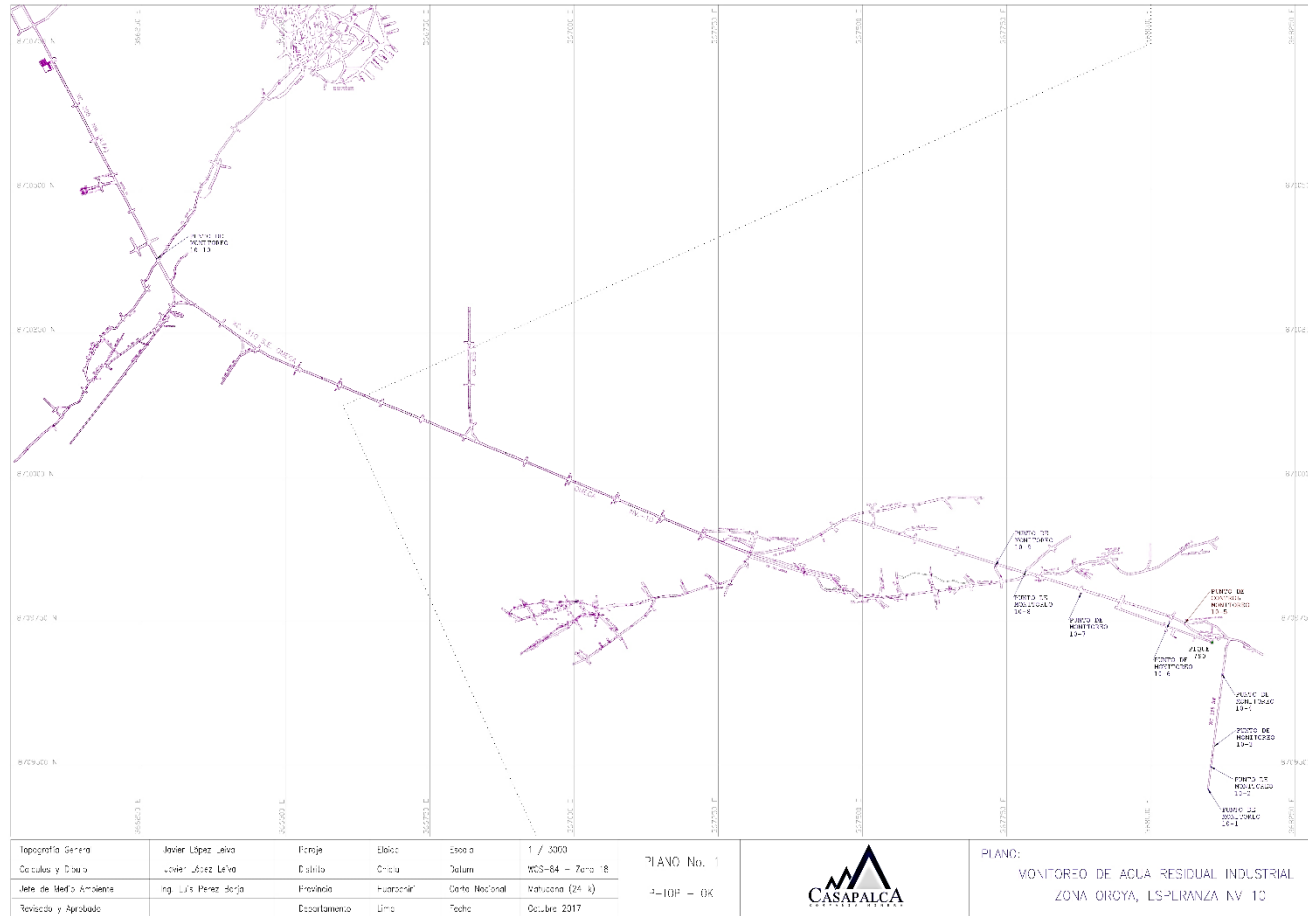
Nombre y Firma del Analista de Muestras: \_\_\_\_\_  
 Nombre y Firma del Cliente: \_\_\_\_\_

RECEPCIÓN DE MUESTRAS  
 Nombre: JOSE MUÑOZ  
 Firma: \_\_\_\_\_  
 Informe de Laboratorio: MA17100074  
 Fecha: 7:4.20 MICRO-33

J. RAMON DEL PERU S.A.C.  
 RECEPCIÓN DE MUESTRAS  
**07 OCT. 2017**  
 Este sello solo aplica respecto  
 a las AG justificación de documentos.  
**RECIBIDO**  
 Sello: Firma de Recepción

Contacto: Luis León García - Gerente División Medio Ambiente - J. Ramón del Perú S.A.C. E-mail: luis.leon@jramoncorp.com Teléfono: 013-3396 Arequipa 2015 (2016)

Anexo 03. Ubicación de los puntos de muestreo en relación al nivel 10 de interior mina.



Anexo 04. Certificado de Acreditación del Laboratorio J.Ramón del Perú S.A.C.

**Certificado**



**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad - INACAL, en ejercicio de las atribuciones conferidas por Ley N° 30224, Ley de Creación del INACAL, y conforme al Reglamento de Organización y Funciones del INACAL, aprobado por DS N° 004-2015-PRODUCE y modificado por DS N° 008-2015-PRODUCE, **OTORGA** la presente Renovación de la Acreditación a:

**J. RAMÓN DEL PERÚ S.A.C.**

En su calidad de **Laboratorio de Ensayo**

Con base en el cumplimiento de los requisitos establecidos en la norma NTP-ISO/IEC 17025:2006 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración, para el alcance de la acreditación contenido en el formato DA-acr-05P-17F, facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Valor Oficial.

**Sede Acreditada:** Av. Paseo de la República Nro. 3780 (Oficinas Administrativas), distrito de San Isidro, y en Av. Los Eucaliptos, Sector Santa Genoveva, Parcelas 3-4 y 5 (Laboratorios), distrito de Lurín, provincia de Lima y departamento de Lima

Fecha de Renovación: 07 de febrero de 2014  
Fecha de Vencimiento: 07 de febrero de 2018

Registro N° LE - 028  
Fecha de emisión: Jueves 3 de setiembre de 2015  
DA-acr-01P-02M Ver. 00



**Augusto Mello Romero**  
Director - Dirección de Acreditación





Anexo 05. Informe de ensayo proporcionado por la Empresa J.Ramón del Perú S.A.C.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 028



Página 1 de 3

**INFORME DE ENSAYO N° MA17100074  
CON VALOR OFICIAL**

**Nombre del Cliente** : CIA MINERA CASAPALCA SA  
**Domicilio Legal** : CALLOS CAROLINOS NRO. 199 URB. ARMENDARIZ LIMA - LIMA - MIRAFLORES  
**Solicitado Por** : CIA MINERA CASAPALCA SA  
**Referencia** : MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA EN INTERIOR MINA-NIVEL 10

**DATOS DE LA MUESTRA**

**Procedencia** : U.E.A. AMERICANA **Fecha de Muestreo** : 05/10/2017  
**Plan de Muestreo** : Realizado por el Cliente **Fecha de Recepción** : 07/10/2017  
**Cantidad de Muestras** : 10 **Fecha Inicio Ensayo** : 07/10/2017  
**Condición de la Muestra** : Frascos de plástico y/o vidrio, preservados y refrigerados

**METODOS DE ENSAYO**

Parámetros	Normas
Hierro disuelto	SM Part 3111 B, 22nd Ed., 2012
Hierro total	SM Part 3111 B, 22nd Ed., 2012
Metales Totales (ICP-MS)	EPA 200.8, Rev 5.4, 1994
Solidos Suspendidos Totales	SM Part 2540-D, 22nd Ed, 2012

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

SIGLAS: "SM": Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA, AWWA, WEF; "EPA": U.S. Environmental Protection Agency, Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes.

**USO DEL INFORME**

- 1.- El presente informe solo es válido para el lote de muestras de la referencia.
- 2.- El lote de muestras que incluye el presente informe y/o muestras similares en el caso que sean solicitadas por el cliente o entidad licitante serán descartadas a los 30 días calendario de la fecha de emisión de este documento, salvo que su perecibilidad exija un periodo menor, en este caso el periodo de custodia será definido por los requisitos del método empleado.
- 3.- El presente informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y es regulada de acuerdo a las leyes vigentes tanto en materia civil como penal. Está prohibida la reproducción parcial o total del presente informe, salvo autorización escrita de J. Ramón del Perú S.A.C.
- 4.- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



45 años al servicio de la Minería y el Medio Ambiente. Visitenos en: [www.jramoncorp.com](http://www.jramoncorp.com)

Laboratorio: Av. Los Escuderos, Sector Santa Genevieve, Parcelas 3-4-5 Lurín  
 Central: +51 1 5133399  
 E-mail: [jamon@jramoncorp.com](mailto:jamon@jramoncorp.com)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 028



Página 2 de 3

**INFORME DE ENSAYO N° MA17100074  
CON VALOR OFICIAL**

Cod. Cliente	NIVEL-10-1	NIVEL-10-2	NIVEL-10-3	NIVEL-10-4	NIVEL-10-5		
Cod. Lab.	MA17100074.01	MA17100074.02	MA17100074.03	MA17100074.04	MA17100074.05		
Tipo de Producto	Agua R. Industrial	Agua R. Industrial	Agua R. Industrial	Agua R. Industrial	Agua R. Industrial		
Fecha de Muestreo	05/10/2017	05/10/2017	05/10/2017	05/10/2017	05/10/2017		
Hora de Muestreo	09:05	09:13	09:27	10:33	10:56		
Cadena de Custodia	45683	45683	45683	45683	45683		
Parámetros	Unidad	L.D.	Resultados				
<b>Metales Totales (ICP-MS)</b>							
Arsénico total	mg/L	0,00021	0,05850	0,06350	0,06000	0,08300	0,37390
Cadmio total	mg/L	0,00024	0,00470	0,00390	0,01740	0,01640	0,01680
Cobre total	mg/L	0,00037	0,00040	<0,00037	0,00200	0,00110	0,00440
Mercurio total	mg/L	0,00008	<0,00008	<0,00008	0,00010	<0,00008	<0,00008
Plomo total	mg/L	0,00026	0,00040	0,00040	0,00490	0,00140	0,01260
Zinc total	mg/L	0,0009	0,0106	0,0086	0,0219	0,0117	0,0643

Cod. Cliente	NIVEL-10-6	NIVEL-10-7	NIVEL-10-8	NIVEL-10-9	NIVEL-10-10		
Cod. Lab.	MA17100074.06	MA17100074.07	MA17100074.08	MA17100074.09	MA17100074.10		
Tipo de Producto	Agua R. Industrial	Agua R. Industrial	Agua R. Industrial	Agua R. Industrial	Agua R. Industrial		
Fecha de Muestreo	05/10/2017	05/10/2017	05/10/2017	05/10/2017	05/10/2017		
Hora de Muestreo	11:20	11:40	12:02	12:19	12:51		
Cadena de Custodia	45683	45683	45683	45683	45683		
Parámetros	Unidad	L.D.	Resultados				
<b>Metales Totales (ICP-MS)</b>							
Arsénico total	mg/L	0,00021	0,08540	0,05130	0,03160	0,02710	0,04520
Cadmio total	mg/L	0,00024	0,00320	0,00740	0,00860	0,01640	0,01610
Cobre total	mg/L	0,00037	<0,00037	0,00960	0,00930	0,00640	0,00710
Mercurio total	mg/L	0,00008	<0,00008	<0,00008	<0,00008	<0,00008	<0,00008
Plomo total	mg/L	0,00026	0,00040	0,02100	0,02290	0,03440	0,03110
Zinc total	mg/L	0,0009	0,0050	1,294	1,446	0,1864	0,3996

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

**USO DEL INFORME**

- 1.- El presente informe solo es válido para el lote de muestras de la referencia.
- 2.- El lote de muestras que incluye el presente informe y/o muestras derivadas en el caso que sean solicitadas por el cliente o entidad licitante serán descartadas a los 30 días calendario de la fecha de emisión de este documento, salvo que su perecibilidad exija un periodo menor, en este caso el periodo de custodia será definido por los requisitos del método empleado.
- 3.- El presente informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y es regulada de acuerdo a las leyes vigentes tanto en materia civil como penal. Está prohibida la reproducción parcial o total del presente informe, salvo autorización escrita de J. Ramon del Peru S.A.C.
- 4.- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



45 años al servicio de la Minería y el Medio Ambiente. Visitenos en: [www.jramoncorp.com](http://www.jramoncorp.com)

Laboratorio: Av. Los Escalpos, Sector Santa Genoveva, Parcelas 3-4,5 Lúrin  
Central: +51 1 5133399  
E-mail: [jramon@jramoncorp.com](mailto:jramon@jramoncorp.com)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 028



Página 3 de 3

**INFORME DE ENSAYO N° MA17100074  
CON VALOR OFICIAL**

Cod. Cliente		NIVEL-10-1	NIVEL-10-2	NIVEL-10-3	NIVEL-10-4	NIVEL-10-5
Cod. Lab.		MA17100074.01	MA17100074.02	MA17100074.03	MA17100074.04	MA17100074.05
Tipo de Producto		Agua R. Industrial	Agua R. Industrial	Agua R. Industrial	Agua R. Industrial	Agua R. Industrial
Fecha de Muestreo		05/10/2017	05/10/2017	05/10/2017	05/10/2017	05/10/2017
Hora de Muestreo		09:05	09:13	09:27	10:33	10:56
Cadena de Custodia		45683	45683	45683	45683	45683
Parámetros	Unidad	L.D.	Resultados			
Hierro disuelto	mg/L	0,0096	<0,0096	<0,0096	<0,0096	<0,0096
Hierro total	mg/L	0,0096	0,9000	0,8080	1,127	0,6310
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	2	<2	<2	<2	13

Cod. Cliente		NIVEL-10-6	NIVEL-10-7	NIVEL-10-8	NIVEL-10-9	NIVEL-10-10
Cod. Lab.		MA17100074.06	MA17100074.07	MA17100074.08	MA17100074.09	MA17100074.10
Tipo de Producto		Agua R. Industrial	Agua R. Industrial	Agua R. Industrial	Agua R. Industrial	Agua R. Industrial
Fecha de Muestreo		05/10/2017	05/10/2017	05/10/2017	05/10/2017	05/10/2017
Hora de Muestreo		11:20	11:40	12:02	12:19	12:51
Cadena de Custodia		45683	45683	45683	45683	45683
Parámetros	Unidad	L.D.	Resultados			
Hierro disuelto	mg/L	0,0096	<0,0096	<0,0096	<0,0096	<0,0096
Hierro total	mg/L	0,0096	0,6160	0,2290	0,1570	0,2950
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	2	<2	5	<2	3

Legenda: L.D = Límite de detección

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

Tempo de Perecibilidad de Muestras
TSS : 7días

Lurín, 13 de Octubre del 2017

**Erika Aliaga Ibarra**  
Supervisor de Laboratorio  
CIP 100391

USO DEL INFORME

- 1.- El presente informe solo es válido para el lote de muestras de la referencia.
- 2.- El lote de muestras que incluye el presente informe y/o muestras drimientes en el caso que sean solicitadas por el cliente o entidad licitante serán descartadas a los 30 días calendario de la fecha de emisión de este documento, salvo que su perecibilidad exija un periodo menor, en este caso el periodo de custodia será definido por los requisitos del método empleado.
- 3.- El presente informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y es regulada de acuerdo a las leyes vigentes tanto en materia civil como penal. Está prohibida la reproducción parcial o total del presente informe, salvo autorización escrita de J. Ramon del Peru S.A.C.
- 4.- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



15 años al servicio de la Minería y el Medio Ambiente. Visitenos en: [www.jramoncorp.com](http://www.jramoncorp.com)

Laboratorio: Av. Los Escuderos, Sector Santa Genoveva, Parcelas 3-4,5 Lurín  
Central: +51 1 5133399  
E-mail: [jramon@jramoncorp.com](mailto:jramon@jramoncorp.com)

Anexo 06. Certificados de calibración de los equipos utilizados.



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN  
INACAL – DA CON REGISTRO N° LC - 001



Registro N°LC - 001

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° T-0440-2016**

Fecha de emisión: 2016-02-16

Expediente N°: 54890

Página 1 de 2

1. **Solicitante** : J. RAMÓN DEL PERÚ S.A.C.
2. **Dirección** : Av. Los Eucaliptos, Sector Santa Geneveva, Parcelas 3-4 Lote 38 - Lurín
3. **Instrumento calibrado** : TERMOHIGRÓMETRO
  - Marca / Fabricante : VWR
  - Identificación : MAMB-83 (\*)
  - Serie : 122690862
  - Modelo : 62344-734
  - Alcance temperatura : 0 °C a 50 °C
  - Resolución : 0,1 °C
  - Alcance humedad relativa : 20 % H.R. a 90 % H.R.
  - Resolución : 1 % H.R.
  - Procedencia : China
  - Ubicación : No indica
4. **Lugar de calibración** : En el Laboratorio de Temperatura y Humedad de METROIL S.A.C.
5. **Fecha de calibración** : Del 2016-02-13 al 2016-02-15

**6. Método de calibración**

La calibración se realizó por comparación directa según el PC-MT-002 Rev. 06 "Procedimiento de Calibración de Termohigrómetros de METROIL S.A.C.

**7. Trazabilidad**

Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL - DM , en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP)

Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.

METROIL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de METROIL S.A.C.

El certificado de calibración no es válido sin la firma del responsable técnico de METROIL S.A.C.

Código	Instrumento Patrón	Certificado de Calibración
IT-356	Termohigrómetro con incertidumbre del Orden desde 1,3 %H.R. a 1,8 %H.R.	LT-506-2015 / INACAL - DM
IT-358	Termohigrómetro con incertidumbre del Orden desde 1,3 %H.R. a 1,8 %H.R.	LT-508-2015 / INACAL - DM
IT-354	Termohigrómetro con incertidumbre del Orden desde 1,3 %H.R. a 1,9 %H.R.	LT-520-2015 / INACAL - DM
IT-183	Termómetro digital con incertidumbre del Orden de 0,1 °C	T-0544-2015 / METROIL S.A.C.
IT-184	Termómetro digital con incertidumbre del Orden de 0,1 °C	T-0552-2015 / METROIL S.A.C.

CHRISTIAN ASTUVILCA VALENTIN  
Jefe del Laboratorio 1

Ing. MARCCO A. MONTALVO CABREJOS  
Gerente Técnico  
C.I.P. : 118920

METROLOGIA E INGENIERIA LINO S.A.C.

Av. Venezuela N° 2040 Lima 01 – Lima – Perú Central Telef.: (511) 713-9080 / (511) 713-5656 / 999 072 424

Consulta Técnica: (511) 713-5610 / 975 432 445 / RPM #958 436 704 E-mail: ventas@metroil.com.pe / Web: www.metroil.com.pe





LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN  
INACAL – DA CON REGISTRO N° LC - 001



Registro N° LC - 001

Certificado de Calibración N° T-0440-2016

Página 2 de 2

**8. Condiciones de calibración**

Temperatura ambiental : Inicial : 24,9 °C Final : 22,9 °C  
Humedad relativa : Inicial : 74,3 % H.R. Final : 63,6 % H.R.

**9. Resultados**

**PARA EL TERMÓMETRO**

INDICACIÓN DEL TERMÓMETRO (°C)	CORRECCIÓN (°C)	TCV (°C)	INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN (°C)
14,9	0,1	15,0	0,3
25,1	-0,1	25,0	0,3
30,1	-0,1	30,0	0,3

Temperatura Convencionalmente Verdadera (TCV) = Indicación del termómetro + Corrección

**PARA EL HIGRÓMETRO**

INDICACIÓN DEL HIGRÓMETRO (%H.R.)	CORRECCIÓN (%H.R.)	HRCV (%H.R.)	INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN (%H.R.)
31	9,0	40,0	2,8
52	8,0	60,0	2,8
79	6,0	85,0	2,8

Humedad Relativa Convencionalmente Verdadera (HRCV) = Indicación del higrómetro + Corrección

**10. Observaciones**

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".
- Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
- La incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza aproximadamente del 95 % con un factor de cobertura k=2.
- (\*) Código de identificación indicado en una etiqueta adherida al instrumento.

FIN DEL DOCUMENTO



METROLOGIA E INGENIERIA LINO S.A.C.

Av. Venezuela N° 2040 Lima 01 – Perú Central Telef.: (511) 713-9080 / (511) 713-5656 / 999 072 424

Consulta Técnica: (511) 713-5610 / 975 432 445 / RPM #958 436 704 E-mail: venlas@metroil.com.pe / Web: www.metroil.com.pe

**REPORTE DE VERIFICACIÓN OPERACIONAL DEL CROMATOGRAFO IONICO  
ICS 5000 / AS-AP**

Bellavista, 31 de enero de 2017

ST2017-41

Señores:

**J. RAMON DEL PERU SAC**

**Presente.-**

Att: Sr. Felipe Camones

**Equipamiento Instalado:**

**Cromatografo Iónico ICS 5000**

	<b>Modelo</b>	<b>N° de serie</b>
Modulo Bomba Isocratica SP	ICS5000-SP	12060398
Modulo Generador de Eluente	ICS5000-EG	12060519
Modulo Compartimiento de Detector	ICS5000-DC	12060714
Automuestreador	AS-AP	12060653

**Software de Control**

Chromeleon **Versión** 6.80

**I.- Acciones Generales:**

**OK**

1.- Verificación del voltaje de entrada al equipo:

línea- neutro (220v +/- 10%)	225.1 V	<input checked="" type="checkbox"/>
línea -tierra (220v +/- 10%)	224.9 V	<input checked="" type="checkbox"/>
neutro-tierra (entre 0 a 1v)	172 mV	<input checked="" type="checkbox"/>

2.- El equipo utiliza:

Estabilizador   
UPS

3.- Verificación de las condiciones Ambientales en el área de trabajo:

Temperatura (entre 10 y 40 °C)	30 °C	(< 2 °C/ hora)	<input checked="" type="checkbox"/>
Humedad (entre 5 y 80%)	46%		<input checked="" type="checkbox"/>

Observaciones:

.....  
 .....  
 .....

**II.- Generalidades:**

- |  |   |
|--|---|
| 1.- Se realiza una inspección general para verificar el estado en que se encuentra el sistema completo.                                | OK<br><input checked="" type="checkbox"/> |
| 2.- Se enciende el equipo para verificar el self-test de inicialización.   | <input checked="" type="checkbox"/>       |
| 3.- Se ingresa al software Chromeleon y se verifica la comunicación entre equipo y el software de control.                             | <input checked="" type="checkbox"/>       |
| 4.- Se verifica la performance de la línea base pasando agua así como eluyente.  | <input checked="" type="checkbox"/>       |
| 5.- Prepare el sistema para la verificación operacional.   | <input checked="" type="checkbox"/>       |
| 6.- Se inyecta un estándar como muestra para verificar el funcionamiento de las demás partes del equipo a manera de pre-mantenimiento. | <input checked="" type="checkbox"/>       |

**III.- Explicación de las pruebas de validación del sistema ICS-5000 / AS-AP:**

La validación del sistema ICS5000 consiste en pasar las siguientes pruebas al equipo, con resultados satisfactorios en todas las pruebas. Los detalles de reactivos y herramientas usadas durante cada prueba están detalladas en los reportes de Chromeleon.

**1.- Warm Up**

Es una secuencia usada para asegurar que todas las partes del sistema se encuentren respondiendo apropiadamente y sean registradas en el log book del sistema (luego usado para actualizar la información en el file del reporte). Durante esta secuencia se corre la prueba de temperatura del compartimiento y columnas

**2.-Baseline Noise and Drift Test**

Se realiza solo usando el agua como eluyente a un flujo de 1.0 ml/min. El ruido es calculado dividiendo la señal de línea base evaluado en 20 minutos en intervalos de 1 minuto. Este ruido es la distancia promedio entre líneas paralelas de medidas de valores máximos y mínimos y la regresión lineal. Para calcular el Drift (Deriva), el software Chromeleon usa el método de mínimos cuadrados y calcula la regresión lineal de valores medidos. La pendiente de la curva indica la deriva de la señal medida y la cantidad de la pendiente indica la cantidad de deriva.

**3.-Inyector Precisión**

La precisión de la inyección es determinada realizando replicas de inyecciones de un estándar usando un volumen de muestra fija. Un estándar de 50ppm de Nitrato es inyectado y agua es usado como eluyente a un flujo de 1.0 ml/min.

**4.- Sample Carry-Over**

La evaluación del Carry Over es incluida en el misma secuencia como prueba de la Precisión de la inyección. El área de un pico es calculado para determinar la muestra carry-over.

**5.- Detector Linearity**

La linealidad del Detector para detectores de conductividad usa una secuencia de 5 inyecciones de un estándar de nitrato en 5, 10, 25, 50 y 100ppm. Agua ultrapura es usado como eluyente a un flujo de 1.0 ml/min.



**6.- Injector Linearity**

La linealidad del inyector es determinada realizando 5 inyecciones de estandar de volúmenes de 10uL, 20uL, 30uL, 40uL y 50uL. Un estandar de 50ppm de nitrato es inyectado y agua es utilizado como eluente a un flujo de 1.0 ml/min.

**7.- Flow Rate Accuracy and Precisión Qualification**

La exactitud y precisión de la bomba es calificada por la exactitud midiendo 5 aliquots de eluente hacia un beaker tarado por exactamente 5 minutos cada uno. La válvula de inyección es usada para medir los 5 minutos del aliquot y el volumen de cada aliquot es determinado gravimetricamente.

La exactitud y precisión de la bomba es calificada por la exactitud midiendo y comparando los valores teóricos (5ml en 5min.) para cada una de los 5 alicuotas y la precisión es medida determinando la desviación estándar relativa de las 5 alicuotas.

**8.- Eluent Generator Current Qualification**

La calificación de la corriente del generador de eluente es determinada realizando una gradiente del EG, variando la concentración del eluente en valores ya configurados por el fabricante. El generador de eluente aplica una corriente específica para el cartucho EluGen dependiendo de la concentración del eluente y el tipo de cartucho seleccionado.

**9.- Column Heater Temperature Qualification**

La temperatura del compartimiento de columna es calificado midiendo la temperatura del plato del compartimiento de la columna después de haber equilibrado la temperatura por lo menos 15 minutos. La temperatura es medida de un termómetro validado y comparado con la temperatura que se displaya en el software Chromeleon. Durante la secuencia la temperatura es configurada a 30°C.

**IV.- Conclusión: Equipo Operativo y Validado**

Ing. de Servicio: **Dany Mauricio S.**

Responsable: \_\_\_\_\_

Reactivos para Analisis SAC

  
DANY MAURICIO S.  
Soporte Técnico  
Reactivos Para Análisis S.A.C.

Ciente \_\_\_\_\_



## CERTIFICADO DE VALIDACION

Declaración obtenida del resultado de la verificación operacional del sistema de cromatografía iónica ICS-5000 y automuestreador AS-AP de Thermo-Dionex.

Cliente: J. RAMON DEL PERU SAC

Dirigido a:  
Sr. Felipe Camones

### Equipamiento Instalado:

	Modelo	Número de serie
Modulo Bomba Isocratica	ICS5000 - SP	12060398
Modulo Generador de Eluyente	ICS5000 - EG	12060519
Modulo Cromatografico / Detector	ICS5000 - DC	12060714
Automuestreador	AS - AP	12060653
Software de Control	Versión	
Chromeleon	6.8	

La validación del sistema de cromatografía iónica ICS-5000 y automuestreador AS-AP de Thermo - Dionex **pasó satisfactoriamente.**

**Se concluye entonces que el Equipo de Cromatografía Iónica ICS-5000 y automuestreador AS-AP quedan Validado según especificaciones técnicas de fabricante.**

Fecha de la Validación: 31 de enero de 2017

Próxima Validación(o después de una reparación mayor): Enero de 2018

REACTIVOS PARA ANALISIS SAC

CLIENTE \_\_\_\_\_

  
DANY MAURICIO S.

Soporte Técnico



Reactivos Para Análisis S.A.C.



**VERIFICACIÓN DE  
MULTIPARAMETRO - HACH**

1. DATOS  
 Cliente : COMPANIA MINERA CASAPALCA SA / COMPANIA MINERA AURORA SAC / COMPANIA MINERA LONDRES SAC Lugar : Lurin  
 Inf. Monitoreo N° : \_\_\_\_\_ Código de Equipo : MONIT-131  
 Fecha : \_\_\_\_\_

2. EQUIPOS

Equipo / Sensor	Código	Marca	Modelo
Multiparametro HACH	MONIT-131	HACH	HQ 90d
Sensor de Conductividad	MONIT-131	HACH	CDG-401
Sensor de pH	MONIT-131	HACH	PHC-101
Sensor de Oxígeno Disuelto	MONIT-131	HACH	DO-101

2. TEMPERATURA (Sensor de T° del electrodo de pH)  
 Patron:  Multiparametro Marca:  Thermo  
 Código:  MAMB-59 N° Inform. Calibración: T-3458-2015

Verificación:

Sensor verificado	Lecturas (°C)		Criterio de Aceptación	Conclusión
	Lectura de Patrón °C	Lectura de sensor °C		
Sensor de pH	<u>18.2</u>	<u>18.4</u>	± 0.5 °C	<u>OK</u>

Lecturas realizadas a una muestra de agua.

2. pH METRO

a.- Ajuste:

pH de Buffer	Marca	Lote	Pendiente 59 mV/pH (90 a 110%)	Pendiente obtenida	Conclusión
pH 4	<u>ME RCK</u>	<u>HCS789025</u>	(-53.1 a -64.9) mV/pH	<u>-60.2</u>	<u>OK</u>
pH 7	<u>JT. BAKER</u>	<u>TOSCOO</u>			
pH 10	<u>MERCK</u>	<u>HE599238</u>			

b. Verificación (Control):

Buffers	Marca	Lote	Criterio de aceptación pH	Lectura del Control pH	Temperat. °C	Conclusión
pH 4.00	<u>JT BAKER</u>	<u>199025</u>	3.4 - 4.6	<u>4.1</u>	<u>18.6</u>	<u>OK</u>
pH 7.00	<u>FISHER</u>	<u>160909</u>	6.4 - 7.6	<u>7.1</u>	<u>18.5</u>	<u>OK</u>

El electrodo presenta compensación de T° para muestras con temperatura diferente de 25 °C

4. CONDUCTIMETRO

a.- Ajuste:

Solución Estándar (uS/cm)	Marca	Lote	Constante de Celda 0.40 +/- 10% cm-1	Constante obtenida (cm-1)	Conclusión
<u>1000</u>	<u>HACH</u>	<u>A3102</u>	(0.36 - 0.44) cm-1	<u>0.41</u>	<u>OK</u>

b. Verificación (Control):

Conductividad de Solución (uS/cm)	Marca	Lote	Criterio de Aceptación (uS/cm)	Lectura Obtenida (uS/cm)	Temperat. °C	Conclusión
84	<u>HANNA</u>	<u>7498</u>	79 - 89	<u>85</u>	<u>18.3</u>	<u>OK</u>
1413	<u>HANNA</u>	<u>5951</u>	1343 - 1483	<u>1414</u>	<u>18.4</u>	<u>OK</u>

El electrodo presenta compensación de T° para muestras con temperatura diferente de 25 °C

5. OXIGENO DISUELTO

a.- Verificación

Parámetro	Criterio de Aceptación	Lectura	Conclusión
Aire saturado de agua	97 - 104%	<u>99%</u>	<u>OK</u>

Observaciones : \_\_\_\_\_  
 Analista : Fernando A Coordinador : Daniel Quisp Supervisor : Alex Cobarr  
 Firma : [Firma] Firma : [Firma] Firma : [Firma]



**VERIFICACIÓN EN CAMPO DE  
MULTIPARAMETRO - HACH**

1. DATOS  
 Cliente : COMPAÑIA MINERA CASAPALCA S.A / COMPAÑIA MINERA  
AYREA SAC / COMPAÑIA MINERA CONDOR S.A.C Lugar : Junin  
 Inf. Monitoreo N° : \_\_\_\_\_ Código de Equipo : MONIT-131  
 Fecha : \_\_\_\_\_

2. EQUIPOS

Equipo / Sensor	Código	Marca	Modelo
Multiparametro HACH	MONIT-131	HACH	HQ 40d
Sensor de Conductividad	MONIT-131	HACH	LOC-401
Sensor de pH	MONIT-131	HACH	PHC-401
Sensor de Oxigeno Disuelto	MONIT-131	HACH	LOO-401

Lecturas realizadas a una muestra de agua.

2. pH METRO

a.- Ajuste:

pH de Buffer	Marca	Lote	Pendiente 59 mV/pH (90 a 110%)	Pendiente obtenida	Conclusión
pH 4	MERCK	HC5789033	(53.1 - 64.9) mV/pH	60.1	OK
pH 7	JT BAKER	TOSCOO			
pH 10	MERCK	HCJ992138			

b. Verificación (Control):

Buffers	Marca	Lote	Criterio de aceptación pH	Lectura del Control pH	Temperat. °C	Conclusión
pH 4.00	JT BAKER	179625	3.4 - 4.6	4.1	18.1	OK
pH 7.00	FISHER	160909	6.4 - 7.6	7.2	18.2	OK

El electrodo presenta compensación de T° para muestras con temperatura diferente de 25 °C

4. CONDUCTIMETRO

a.- Ajuste:

Solución Estandar (uS/cm)	Marca	Lote	Constante de Celda 0.40 +/- 10% cm-1	Constante obtenida (cm-1)	Conclusión
1000	HACH	A 3102	(0.36 - 0.44) cm-1	0.4	OK

b. Verificación (Control):

Conductividad de Solución (uS/cm)	Marca	Lote	Criterio de Aceptación (uS/cm)	Lectura Obtenida (uS/cm)	Temperat. °C	Conclusión
84	HANNA	7498	79 - 89	85	18.3	OK
1413	HANNA	5451	1343 - 1483	1415	18.2	OK

El electrodo presenta compensación de T° para muestras con temperatura diferente de 25 °C

5. OXIGENO DISUELTO

a.- Verificación





Parámetro	Criterio de Aceptación	Lectura	Conclusión
Aire saturado de agua	97 - 104%	99%	OK

Observaciones : \_\_\_\_\_

Analista : Fernando A Coordinador : Daniel Quispe Supervisor : Alfonso Cobos  
 Firma : \_\_\_\_\_ Firma : \_\_\_\_\_ Firma : \_\_\_\_\_



Anexo 07. Fotografías de la toma de muestras por cada punto de monitoreo asignado.

PUNTO RESPECTO DEL NIVEL 10	FOTOGRAFÍA
Nivel 10.1	 A worker wearing a high-visibility green safety suit and a yellow hard hat is standing in a dark tunnel. The worker is holding a white container and appears to be in the process of collecting a sample. The tunnel walls are dark and rocky, with some red markings visible.
Nivel 10.2	 A worker in a green safety suit and yellow helmet is kneeling on the floor of a tunnel. The worker is holding a white container and is focused on collecting a sample. The tunnel walls are dark and rocky, and there is a bright light source illuminating the scene.
Nivel 10.3	 A close-up shot of a worker wearing a green safety suit and a yellow hard hat. The worker is holding a white container and is in the process of collecting a sample. The background shows the dark, rocky walls of the tunnel.
Nivel 10.4	 A worker in a green safety suit and yellow helmet is kneeling in a tunnel, collecting a sample. The worker is holding a white container and is focused on the task. The tunnel walls are dark and rocky, and there is a bright light source illuminating the scene.

Nivel 10.5



Nivel 10.6



Nivel 10.7



Nivel 10.8



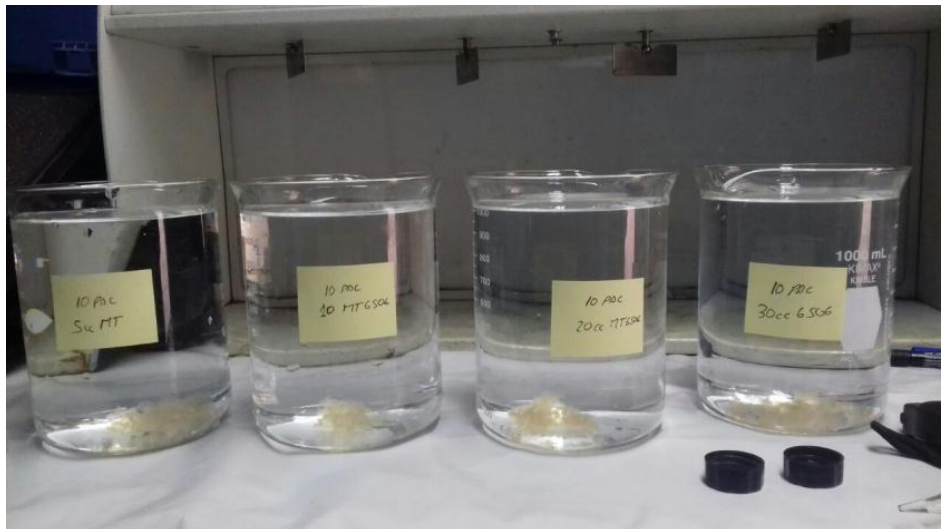
Nivel 10.9



Nivel 10.10

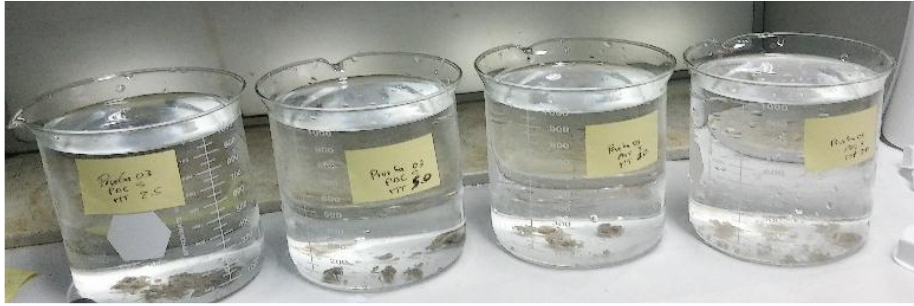


Anexo 08. Fotografías de la prueba de jarras realizada con la finalidad de determinar la cantidad ideal respecto de los insumos utilizados para el tratamiento del agua residual de interior mina (nivel 10).



*Prueba inicial de la dosificación de floculante y coagulante respecto de la turbidez (1).*

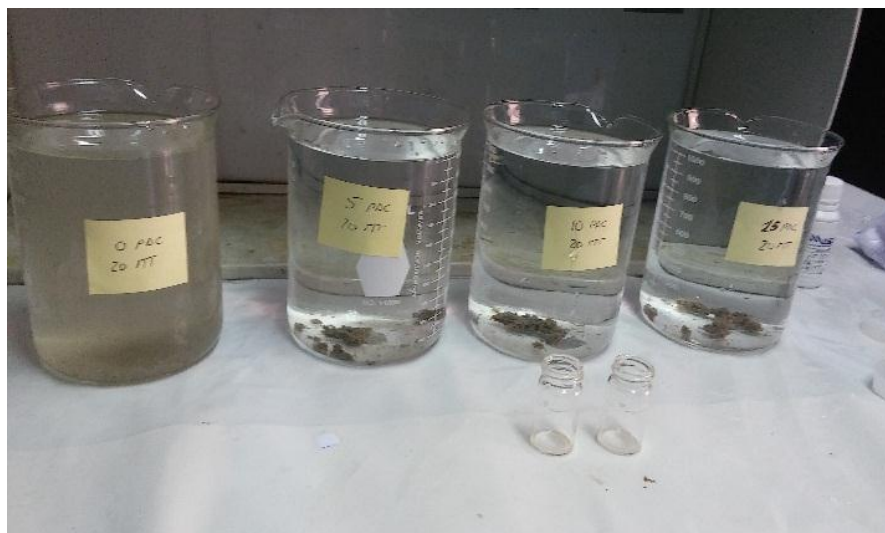




*Prueba inicial de la dosificación de floculante y coagulante respecto de la turbidez (2).*



*Prueba inicial de la dosificación de floculante y coagulante respecto de la turbidez (3).*



*Prueba inicial de la dosificación de floculante y coagulante respecto de la turbidez (4).*



*Prueba inicial de la dosificación de floculante y coagulante respecto de la turbidez (5).*

Anexo 09. Evidencia de la adquisición del floculante y coagulante realizada por la Compañía Minera Casapalca S.A.



**ercantil** S.A.  
SOLUCIONES QUIMICAS PARA MINERIA E INDUSTRIA

**R.U.C. 20100312736**  
**PROFORMA**  
**N° 4542247**

Lima, 11 de mayo de 2,017

**Sr.(es) CL00057 CIA. MINERA CASAPALCA S.A.**  
CAL. LOS CAROLINOS NRO. 199 LIMA MIRAFLORES  
Fax: 6101200

**Att.**

Muy señores nuestros

Por medio de la presente nos es grato poner a su consideración la siguiente cotización sujeto a venta previa

PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	UM	CANTIDAD	PUNIT	%DESC	PRECIO	SUBTOTAL
810006	MT-8834. Envases: 1.00 CIL X 227 KG	KG	227.00	1.10000		1.10000	249.70
1002106	MT - 6506. Envases: 1.00 BOL X 25 KG	KG	25.00	4.10000		4.10000	102.50

Nota : Gustosamente atenderemos cualquier información adicional sobre el particular y en espera que la presente cotización merezca su aprobación nos reiteramos.

Muy Atentamente

**LILIANA RODRIGUEZ**  
Administrador Línea Minera



Jr. Santorín N° 243, Urb. El Vivero Lima - Peru Santiago de Surco Teléfono: 618-1616 434-2727 Fax: 618-1617

ventas@mercantil.com.pe



Anexo 10. Descripción de los reactivos utilizados en el proceso de coagulación-floculación a nivel de prueba de jarras y su aplicación en el efluente del nivel 10 de interior mina.

<b>COAGULANTE SUPERPAC MT-8834</b>	
Aspecto	Líquido incoloro a ligeramente ámbar
Concentración	50 % de materia activa
Oxido de Aluminio	20.0% - 23.0%
Aluminio	11.00% – 13.00%
Cloruros	7.0% - 8.0 %
pH (puro)	3.0 – 4.0
Densidad (20 C°)	1.30 gr/ml
Solubilidad	100% soluble en agua

<b>FLOCULANTE MT-6506</b>	
Apariencia	Polvo blanco, granulado
Carga Iónica	No tiene
Insolubles (%)	3.5 Max
1% Sol. Viscosidad. (cps)	2000 ~ 4000
Peso Molecular	Muy alta
Densidad	baja
pH de la solución (25° C, cps) 1)	
0.1% solución	6,45
0.2% solución	6,36
0.5% solución	6,27
Tamaño de partícula	
% > 20 malla	50 Max
% <100 malla	10 Max

Anexo 11. Selección de flujos críticos y diferenciados, derivados mediante bombeo al nivel 10 para su posterior tratamiento de las aguas residuales industriales.

NIVEL 18 (Flujos Críticos)		
CODIGO	SST (mg/L)	CAUDAL (L/s)
NIVEL 18-1	69	12
NIVEL 18-2	68	9.6
NIVEL 18-29	2849	10.2
NIVEL 18-30	83	2.6
NIVEL 18-32	397	49
NIVEL 18-33	532	63.1

Anexo 12. Testimonio de la entrevista realizada al Jefe de Medio Ambiente y Obras Civiles de la Compañía Minera Casapalca S.A.

<b>TESTIMONIO N° 01</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>✓ <b>Zona de trabajo:</b> Lima/Huarochirí.</li><li>✓ <b>Lugar de realización:</b> Compañía Minera Casapalca S.A.</li><li>✓ <b>Nombre del entrevistado:</b> Ing. Renán Fernández.</li><li>✓ <b>Sexo:</b> Masculino.</li><li>✓ <b>Cargo del entrevistado:</b> Jefe de Medio Ambiente y Obras Civiles.</li><li>✓ <b>Fecha:</b> 01/09/17</li><li>✓ <b>Nombre del encuestador:</b> Bach. Mijael Caballón Quispe.</li><li>✓ <b>Datos geográficos del lugar de la encuesta:</b><ul style="list-style-type: none"><li>✚ <b>Latitud:</b> 11°40'35" L.S.</li><li>✚ <b>Longitud:</b> 76°11'60" L.O.</li><li>✚ <b>Altitud:</b> 4400 msnm.</li></ul></li></ul>
<b>RESUMEN DE LA ENTREVISTA</b>
<p>La entrevista se desarrolló en las instalaciones propias de la actividad minera: Cía. Minera Casapalca S.A., al Jefe de Medio Ambiente y Obras Civiles: Ing. Renán Fernández, con el objeto de conocer la realidad del tratamiento que se le da al efluente generado en interior mina respecto del nivel 10.</p>

Anexo 13. Hoja de seguridad MSDS del floculante MT-6506.

<b>MT - 6506</b> HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD				
<b>1. Identificación de la Sustancia / Preparación y de la Compañía</b>				
Descripción del Producto Proveedor	Poliacrilamida <b>MAGNATRADE CORPORATION</b> Representante en Perú: Mercantil S.A. Calle Santorin N° 243 – Urb. El Vivero – Santiago de Surco 618-1616			
<b>2. Composición / Identificación de Componentes</b>				
<b>Ingredientes Peligrosos</b>				
COMPONENTE	N° CAS	%	SIMBOLO CEE	FRASES DE RIESGO
Cloruro de Amonio	012125-02-9	< 2,0	Xn	R: 22-36
<b>3. Identificación de peligros</b>				
<b>Peligros Humanos</b>				
Ninguno				
<b>4. Medidas de Primeros</b>				
<b>Ingestión</b>	No se anticipa que el material sea lesivo por ingestión. No son necesarias medidas especiales de primeros auxilios.			
<b>Contacto con la piel</b>	Lavarse inmediatamente con abundante agua y, si hubiera disponible, jabón			
<b>Contacto con los ojos</b>	Enjuagar inmediatamente con abundante agua durante por lo menos 15 minutos.			
<b>Inhalación</b>	No se anticipa que el material sea lesivo por inhalación. Retirar la víctima al aire libre.			
<b>5. Medidas Contra Incendio</b>				
<b>Medios de extinción</b>				
Utilizar agua, bióxido de carbono o un agente químico seco.				
<b>Equipo Protector</b>				
Los bomberos y otras personas que pudieran estar expuestas deben usar aparatos respiratorios independientes.				
<b>Peligros Especiales</b>				
El polvo puede ser explosivo si se mezcla con el aire en proporciones críticas y en la presencia de una fuente de ignición.				
<b>6. Medidas de liberación</b>				
<b>Precauciones personales</b>	Evitese el contacto con los ojos y la piel. Los derrames son muy resbalosos cuando están mojados.			
<b>Métodos para la limpieza</b>	Resbaladizo cuando esta mojado. Barrer y colocarlo en recipientes para descarte. Enjuagar con agua el área del derrame. Si permanece resbaladizo, aplicar mas compuesto para barrido en seco. Evitar que el líquido ingrese a desagües sanitarios.			
<b>7. Manejo y Almacenamiento</b>				
<b>Manejo</b>	Minimizar el polvo			
<b>Almacenamiento</b>	Para evitar la degradación del producto y la corrosión del equipo, no utilizar contenedores ni equipo de hierro, cobre o aluminio			
<b>8. Controles de exposición/Protección</b>				
<b>Parámetros de control - Límites</b>	COMPONENTE : Cloruro de Amonio No. DE CAS : 012125-02-9 % : < 2,0 VALOR DE MAC : 10 mg/m3 REFERENCIA : OSHA			
<b>Medidas de Ingeniería</b>	Generalmente no hacen falta controles de ingeniería si se siguen buenas prácticas de higiene			
<b>Protección Respiratoria</b>	En caso de escasa ventilación, usar un equipo respiratorio adecuado.			
<b>Protección Para Los Ojos</b>	Usar protección ocular facial.			
<b>Protección De La Piel</b>	Usar guantes impermeables.			
<b>Adicional</b>	Antes de comer, beber o fumar lavarse la cara y las manos minuciosamente con jabón y agua.			
<b>9. Propiedades Físicas y Químicas</b>				
<b>Color</b>	Blanco			
<b>Estado de Material</b>	Granular sólido			
<b>Olor</b>	Inodoro			
<b>Punto de ebullición</b>	No aplicable			
<b>Punto de Fusión</b>	No se dispone			
<b>Presión de Vapor</b>	No se aplica			
<b>Gravedad Especifica</b>	-0.75			
<b>Densidad de Vapor</b>	No se aplica			
<b>% Volátil (por peso)</b>	10 - 15 (Agua) 6 - 8 (0.5% so)			
<b>pH</b>	6.38			
<b>Densidad</b>	No se aplica			
<b>Tasa de Evaporación</b>	Limite por la viscosidad			
<b>Solubilidad en Agua</b>	No es aplicable			
<b>Punto de Inflamación</b>	No es aplicable			
<b>Límites de Inflamabilidad (% por Vol)</b>	No es aplicable			
<b>Temperatura de Auto Ignición</b>	No disponible			
<b>Temperatura de Descomposición</b>	No disponible			

<b>10. Estabilidad y Reactividad</b>					
<b>Estabilidad</b>	Estable				
<b>Condiciones a evitar</b>	No se conoce ninguno				
<b>Materiales a evitar</b>	Agentes oxidantes fuertes				
<b>Productos peligrosos de la descomposición</b>	dióxido de carbono; monóxido de carbono; amoníaco, óxidos de nitrógeno				
<b>11. Información Toxicológica</b>					
<b>Clasificación de sustancia / preparación de la CEE</b>					
DL50 Oral (rata)	No se aplica	> 5000 mg/kg (estimado)			
DL50 Dérmica (conejo)	No se aplica	> 10000 mg/kg (estimado)			
CL50 Inhalación (rata de 4 horas)	No se aplica	720.0 mg/L			
Irritación de la piel (conejo)	No irritante				
Irritación de los ojos (conejo)	No irritante				
Sensibilización Dérmica	No sensibilizante				
Sensibilización de la Inhalación	No sensibilizante				
Prueba Salmonella Ensayo	No hay datos				
<b>Efectos potenciales para la salud</b>					
Ninguno					
<b>Datos sobre la toxicidad de los ingredientes peligrosos</b>					
012125-02-9 Cloruro de amonio					
	<b>Tipo</b>	<b>Ruta</b>	<b>Especie</b>	<b>Resultados</b>	<b>Evaluación</b>
DL50 Aguda (actual)		Oral	Rata	1650 mg/kg	Nocivo
DL50 Aguda (actual)		Dérmica	conejo	>2000 mg/kg	No se aplica
Irritación Dérmica aguda					No irritante
Irritación de los ojos Aguda					No irritante
<b>12. Información Ecológica</b>					
<b>Evaluación</b>					
<b>Resultados de pruebas</b>					
Pez luna de agalla azul (Lepomis macrochirus), CL50 de 96 horas: >1000 mg/L					
Trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss), CL50 de 96 horas: 750 mg/L					
Carpa cabeza gorda (Pimephales promelas), CL50 de 96 horas: >1000 mg/L					
Pulgua de Agua (Daphnia magna), CE50 de 48 horas: >1000 mg/L					
Pulgua de Agua (Ceriodaphnia dubia), CE50 de 48 horas: 600 mg/L					
Coeficiente de Partición de Octanol/H2O: No disponible					
<b>13. Consideraciones de Disposición</b>					
Deben observarse todas las reglamentaciones locales y nacionales.					
<b>14. Información de Transporte</b>		<b>15. Información Reglamentaria</b>			
<b>ADR/RID</b>		<b>MARCADO Y ROTULACION DEL CEE:</b>			
No es aplicable		Símbolo: Ninguno exigido			
		Frases de riesgo: Ninguna			
		Frases de seguridad: S242-Evitese el contacto con los ojos y la piel.			
		S302-Los derrames son muy resbalosos cuando están mojados.			
<b>INFORMACIÓN SOBRE EMBARQUES INTERNACIONALES</b>		<b>INFORMACION DE INVENTARIO</b>			
<b>IMO</b>	Nombre del empaque: No es aplicable / no está regulado	CEE D/NECS: Todos los componentes de este producto se incluyen en el inventario Europeo de Sustancias Químicas Esenciales según los límites ENCS, en cumplimiento de la Directiva del Consejo 67/548/EEC y sus modificaciones.			
Clase de peligro: No es aplicable	Clase de riesgo: No es aplicable	US TSCA: Este producto se fabrica en cumplimiento de todas las disposiciones del Acta de Control de Sustancias Tóxicas, E.U.S.C.A. 2002, en sus modificaciones.			
Clase de residuo: No es aplicable	Numero de la ONU: No es aplicable	Comparar este producto con las regulaciones de Medio Ambiente de Canadá de acuerdo con la subsección 65 del Acta de Protección del Medio Ambiente Canadiense y según indicadas en la Lista de Sustancias Domésticas.			
Numero de la ONU: No es aplicable	Gen. de empaque: No es aplicable	CANADA DSL			
Gen. de empaque: No es aplicable	Rut. de transporte exigido: No es requerido				
<b>ICAO/IATA</b>					
Nombre de empaque: No es aplicable					
Clase de peligro: No es aplicable					
Clase de residuo: No es aplicable					
Numero de la ONU: No es aplicable					
Gen. de empaque: No es aplicable					
Rut. de transporte exigido: No es requerido					
<b>INFORMACION ADICIONAL DE TRANSPORTE</b>					
Nombre técnico (N. E.O. (s)): No es aplicable					
<b>16. Otras informaciones:</b>					
La información aquí redactada es confiable y representa la mejor información actualmente disponible por nosotros. Sin embargo, no hacemos ninguna garantía u otra autorización, expresada o implícita, con respecto a esta información. Nosotros no asumimos ninguna responsabilidad resultando de su uso. Los usuarios deben hacer sus propias investigaciones para determinar la conveniencia de la información para sus aplicaciones particulares.					

Anexo 14. Hoja de seguridad MSDS del coagulante Superpac.



**HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD  
(Material Safety Data Sheet)**

1. IDENTIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA O PREPARADO Y DE LA EMPRESA	
<b>Datos del Producto</b>	<b>SUPERPAC</b>
Nombre Comercial:	Mezcla de Polialuminas Catiónicas
Nombre Técnico:	
<b>Datos del Proveedor</b>	<b>MERCANTIL S.A.</b>
	Calle Santorin N° 243 Urb. El Vivero Santiago de Surco 818-1616
2. COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES	
Ingredientes:	CAS #
Alumina	1327-41-9
3. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS	
<b>Clasificación de Riesgos</b>	
(0 = Despreciable, 1 = Ligero, 2 = Moderado, 3 = Alto, 4 = Extremo)	
<b>NFPA 704</b>	
Salud :	1
Inflamabilidad :	1
Reactividad :	0
Especial :	--
4. RIESGOS PARA LA SALUD	
<b>Inhalación:</b> Corrosivo. Causa irritación en el sistema respiratorio, puede provocar náuseas y vómitos.	
<b>Ingestión:</b> Corrosivo. Causa serias lesiones en la garganta, la tráquea y las mucosas del sistema gastrointestinal.	
<b>Contacto con los Ojos:</b> Corrosivo. Causa serias lesiones permanentes en los ojos.	
<b>Contacto con la Piel:</b> Corrosivo. Causa serias lesiones en contacto con la piel. La exposición repetida puede provocar dermatitis.	
5. PRIMEROS AUXILIOS	
<b>Inhalación:</b> Lleve a la persona afectada al aire libre y obsérvela. Procure atención médica.	
<b>Ingestión:</b> Enjuagar la boca, no inducir el vómito. Procure atención médica.	
<b>Contacto con los Ojos:</b> Enjuague los ojos con abundante agua hasta calmar la irritación. (15min aprox.). Procure atención médica.	
<b>Contacto con la Piel:</b> Lave con abundante agua y jabón. Desprenderse de la ropa contaminada.	
6. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS	
<b>Procedimientos Especiales:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>No inflamable</li> <li>La descomposición térmica puede producir gases irritantes</li> <li>En situación de incendio puede producir vapores ácidos, requiriéndose utilizar mascarilla</li> </ul>	
7. MEDIDAS QUE DEBEN TOMARSE EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL	
<b>Pasos a seguir en caso de derrame o fuga del material:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Contenga los derrames usando material absorbente (arena, aserrín, tierra). Los cuales deberán ser confinados si se almacena en tanques construya diques de contención, solicitar asistencia para su disposición.</li> </ul>	
8. CONTROL DE EXPOSICIÓN/PROTECCIÓN INDIVIDUAL	
<b>Equipo de Protección:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Respiratoria: Ninguna</li> <li>En los ojos: Lentes</li> <li>En las manos: Guantes de Hule</li> <li>En el cuerpo: Bata u overol</li> </ul>	

9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS		
Concentración :	Solución al 50% de sólidos	
Olor :	Característico	
Aspecto :	Líquido incoloro a ligeramente opalescente.	
Densidad (20°C) :	1.30 gr/ml	
Temperatura de Fusión :	No aplicable	
Temperatura de inflamación :	No aplicable	
Temperatura de auto ignición :	No aplicable	
Solubilidad :	100% soluble en agua	
Material volátil :	No aplicable	
Estabilidad :	A temperatura a 20°C	
pH :	2.5 – 4.00	
10. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO		
<b>Almacenamiento:</b>		
Almacene el producto en un lugar seco, aireado y a la sombra; a temperatura 20 °C, lejos de fuentes de calor y llama viva. Mantener los envases cerrados.		
<b>Medidas de Precaución en el Manejo del Material:</b>		
Maneje el producto en lugares ventilados y/o con ventilación mecánica. Use equipos de protección (guantes, anteojos de seguridad, máscara etc.).		
<b>Otra medidas de precaución:</b>		
El producto debe manejarse con precaución evitando cualquier tipo de derrame.		
El producto concentrado puede corroer lentamente el hierro, bronce, cobre o aluminio.		
11. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD		
<b>Condiciones a evitar:</b> Temperaturas mayores a 20°C		
<b>Descomposición Peligrosa:</b> Descomposición térmica (> 200° C). puede liberar humos de HCL. AL2O3		
<b>Estabilidad:</b> Es estable 02 meses		
12. INFORMACION TOXICOLÓGICA		
Son moderadamente tóxico por ingestión LD50 Oral (ratas): 12700 mg/kg; En contacto con la piel es considerado corrosivo.		
13. CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA ELIMINACIÓN DE DESECHOS		
Deseche los materiales de acuerdo a las regulaciones y ordenanzas locales, estatales y nacionales vigentes y cumpla con el requisito más drástico. No permita que entren en los sistemas de alcantarillado.		
14. INFORMACIÓN SOBRE TRANSPORTE		
<b>SUPERPAC;</b> se transporta en cilindros de plástico con capacidad de 227Kg. los cuales deben estar perfectamente cerrados, sin fuga y en condiciones de uso normal.		
	<b>IATA</b>	<b>IMO</b>
<b>Nombre apropiado del envío:</b>	Líquido corrosivo, n.o.s.	Líquido corrosivo, n.o.s.
<b>Clase:</b>	8	8
<b>Número de UN:</b>	UN 1760	UN 1760
<b>Grupo de embalaje:</b>	III	III
15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA: ENVASADO Y ETIQUETADO		
Los envases deberán estar bien etiquetados, identificando el nombre del producto, numero de lote y además el código NFPA correspondiente.		
No está clasificado en ningún reglamento de productos tóxicos y peligrosos.		
16. OTRAS INFORMACIONES		
Los datos se basan sobre el estado actual de nuestros conocimientos, pero no constituyen garantía alguna de cualidades del producto y no generan ninguna relación judicial contractual. Puede obtenerse más información sobre el uso correcto del producto en la ficha técnica correspondiente.		



Anexo 15. Resolución de vertimiento y control de las aguas residuales generadas en la CIA Minera Casapalca S.A. (punto EF-4).



PERÚ

Ministerio de Agricultura y Riego

Autoridad Nacional del Agua

Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos

RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 181-2015-ANA-DGCRH

Lima, 08 JUL 2015

VISTO:

El escrito ingresado con Código Único de Trámite N° 64976-2015, presentado por **COMPANÍA MINERA CASAPALCA S.A.**, identificada con Registro Único de Contribuyentes N° 20100108292, con domicilio en Calle Los Carolinos N° 199, distrito de Miraflores, provincia y departamento de Lima; sobre renovación de autorización de vertimiento de aguas residuales industriales tratadas otorgada mediante Resolución Directoral N° 111-2013-ANA-DGCRH y modificada con Resolución Directoral N° 130-2014-ANA-DGCRH; y,

CONSIDERANDO:

Que, según el numeral 137.3 del artículo 137° del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2010-AG y modificado por el Decreto Supremo N° 023-2014-MINAGRI, la Autoridad Nacional del Agua dicta disposiciones necesarias para los supuestos de modificaciones y prórrogas de autorizaciones de vertimiento;

Que, el Reglamento para el Otorgamiento de Autorizaciones de Vertimiento y Rauso de Aguas Residuales Tratadas, aprobado por Resolución Jefatural N° 224-2013-ANA, en su artículo 27° establece que el titular de una autorización de vertimiento de aguas residuales tratadas podrá solicitar su renovación antes del vencimiento del plazo establecido, para lo cual deberá presentar la solicitud correspondiente;

Que, con Resolución Directoral N° 111-2013-ANA-DGCRH, se otorgó a favor de **COMPANÍA MINERA CASAPALCA S.A.**, autorización de vertimiento de aguas residuales industriales tratadas procedentes de la bocamina Nv. 10 de la Unidad Económica Administrativa Americana, ubicada en la localidad de Piedra Parada, distrito de Chicla, provincia de Huarochirí y departamento de Lima, por un volumen anual de 17 344 800 m<sup>3</sup>, equivalente a un caudal de 550 l/s de régimen continuo, a través del túnel Grathon, al río Rímac, por el plazo de dos (02) años, la misma que venció el 27.05.2015;

Que, con escrito del visto de fecha 21.05.2015, antes del vencimiento del plazo previsto en la citada resolución, la recurrente solicitó la renovación de la autorización de vertimiento de aguas residuales industriales tratadas;

Que, dicha solicitud cumple con los requisitos generales establecidos en el artículo 27° del Reglamento para el Otorgamiento de Autorizaciones de Vertimiento y Rauso de Aguas Residuales Tratadas, por lo que se admite a trámite;

Que, el Informe Técnico N° 443-2015-ANA-DGCRH/EEIGA, luego de la evaluación correspondiente, recomienda entre otros, renovar la autorización de vertimiento de aguas residuales industriales tratadas procedentes de la bocamina Nv. 10 de la Unidad Económica Administrativa Americana, ubicada en la localidad de Piedra Parada, distrito de Chicla, provincia de Huarochirí y departamento de Lima, otorgada mediante Resolución Directoral N° 111-2013-ANA-DGCRH y modificada con Resolución Directoral N° 130-2014-ANA-DGCRH, por el plazo de seis (06) años adicionales, quedando **COMPANÍA MINERA CASAPALCA S.A.**, sujeta a las siguientes obligaciones:

- Realizar el control del caudal del efluente tratados vertidos al río Rímac, así como de su calidad y la del cuerpo receptor, según los parámetros: pH, Temperatura (°C), Oxígeno Disuelto (solo en el cuerpo receptor).

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA

El fedatario que suscribe certifica que el presente documento que ha tenido a la vista es COPIA FIEL DEL ORIGINAL y al que me remitió en caso necesario de lo que doy fe.

Lima,

08 JUL 2015

CRISTEL YIRLY M. SALDARRIAGA LEÓN  
FEDATARIA



Conductividad Eléctrica, SST, SST, A y G, DBO5, Cianuro WAD, Cianuro Total, Arsénico, Plomo, Cobre, Cadmio, Cromo Hexavalente, Manganeso, Mercurio, Selenio, Níquel, Bario y Zinc (metales en concentraciones totales) Hierro disuelto y total, en el efluente tratado y puntos de control, además del caudal y volumen acumulado de las aguas residuales tratadas vertidas en el río Rimac, en los puntos de control establecidos.

- b. Los análisis de agua deberán ser realizados por un laboratorio acreditado por INDECOPI. Para la realización del monitoreo se deberá tomar en cuenta lo establecido en el "Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad en Cuerpos Naturales de Agua Superficial" aprobado mediante Resolución Jefatural N° 182-2011-ANA de fecha 06.04.2011, con una frecuencia trimestral, de acuerdo al Instrumento de Gestión Ambiental aprobado.
- c. Los resultados deberán ser sistematizados, según formato publicado en la página web de la Autoridad Nacional del Agua y reportados junto con sus respectivos informes de ensayo escaneados, a la dirección electrónica reportes.monitoreo@ana.gob.pe, en un plazo no mayor de 15 días después de finalizado el trimestre de evaluación. Los puntos de control en los vertimientos y cuerpo receptor.

Que, de conformidad con el numeral 27.5 del artículo 27° del Reglamento para el Otorgamiento de Autorizaciones de Vertimiento y Reuso de Aguas Residuales Tratadas, la vigencia de la renovación surtirá efectos a partir del día siguiente del vencimiento de la autorización inmediata anterior; y.

Con el visto de la Oficina de Asesoría Jurídica y de conformidad con lo establecido en el artículo 32° del Reglamento de Organizaciones y Funciones de la Autoridad Nacional del Agua, aprobado con el Decreto Supremo N° 006-2010-AG;

**SE RESUELVE:**

**ARTÍCULO 1°.-** Renovar, a favor de **COMPANÍA MINERA CASAPALCA S.A.** la autorización de vertimiento de aguas residuales industriales tratadas procedentes de la bocamina Nv. 10 de la Unidad Económica Administrativa Americana, ubicada en la localidad de Piedra Parada, distrito de Chicia, provincia de Huarochiri y departamento de Lima, otorgada mediante Resolución Directoral N° 111-2013-ANA-DGCRH y modificada con Resolución Directoral N° 130-2014-ANA-DGCRH, según el siguiente detalle:



Punto de vertimiento	Descripción	Volumen Anual (m³)	Caudal (l/s)	Regimen	Cuerpo Receptor		Coordenadas UTM (WGS 84 - Zona 18 L)		Cuerpo Receptor
					Nombre	Categoría	Norte	Este	
AM-2	Aguas residuales industriales tratadas del Nv. 10 de la UEA Americana vertidas a través del Túnel Grathon.	5 804 160	165	Continuo	Río Rimac	Categoría I-A2	8 700 996	359 306	Rimac



**ARTÍCULO 2°.-** La vigencia de la presente renovación de la autorización de vertimiento de aguas residuales industriales tratadas es por seis (06) años, contados a partir del 28.05.2015.

**ARTÍCULO 3°.-** Disponer que la presente renovación otorgada a **COMPANÍA MINERA CASAPALCA S.A.**, queda sujeta:

- 3.1 A la fiscalización de la Autoridad Nacional del Agua en cuanto al cumplimiento con las condiciones establecidas en el sexto considerando, conforme al cuadro siguiente:

Puntos de control	Descripción	Coordenadas de Ubicación UTM (WGS 84 / Zona 18 L)	
		Norte	Este
M-2	Cruce 305 - Alfa Nv. 10 salida a la poza de decantación.	8 710 464	365 811
M-3	Río Rimac, 100m aguas arriba del Túnel Grathon	8 701 128	359 405
EF-4 (M-4)	Aguas Residuales Industriales Tratadas del Nv 10 de la U.E.A. Americana vertidas a través del Túnel Grathon.	8 700 996	359 306
M-5	Río Rimac, 100m aguas abajo del Túnel Grathon	8 700 788	359 210

**ANA  
AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA**

El fedatario que suscribe certifica que el presente documento que ha tenido a la vista es COPIA FIEL DEL ORIGINAL y al que me permito en caso necesario de lo que doy fe.

Lima,

08 JUL. 2015

CRISTEL YIRLY M. SALDARRIAGA LEÓN  
FEDATARIA

- 3.2 Al pago de la retribución económica por el vertimiento de aguas residuales industriales tratadas por un volumen anual de 5 834 160 m<sup>3</sup> respectivamente, de acuerdo a lo que establece la normatividad vigente aplicable.
- 3.3 A contar con un sistema de medición de caudal para el vertimiento autorizado, instalación que deberá ser reportada en el primer informe trimestral de monitoreo.

**ARTÍCULO 4°.-** Notificar la presente resolución a **COMPAÑÍA MINERA CASAPALCA S.A.**



**ARTÍCULO 5°.-** Remitir copia de la presente resolución al Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental del Ministerio del Ambiente a la Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros del Ministerio de Energía y Minas, a la Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud, a la Autoridad Administrativa del Agua Catite - Fortaleza, a la Administración Local de Agua Chillón - Rimac - Lurin y a la Dirección de Administración de Recursos Hídricos, para conocimiento y fines pertinentes.

Regístrese y comuníquese.



**JUAN CARLOS CASTRO VARGAS**  
 Director  
 Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos  
 Autoridad Nacional del Agua

ANA  
**AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA**

El fedatario que suscribe certifica que el presente documento que ha tenido a la vista es COPIA FIEL DEL ORIGINAL y al que me he referido en caso necesario de lo que doy fe.

Lima, 09 JUL 2015

CRISTEL YIRLY M. SALDARRIAGA LEON  
 FEDATARIA

Anexo 16. Diagrama unifilar de las aguas residuales generadas en interior mina que derivan al nivel 10 (punto de control: EF-4).

