



# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

“INFLUENCIA DE LA DOSIFICACIÓN DE CAL EN EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS ÁCIDAS DE LA QUEBRADA MESA DE PLATA HUALGAYOC – 2018”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Bach. Roberto Carlos Ayala Cercado

Asesor:

Ing. Víctor Eduardo Álvarez León

Cajamarca - Perú

2018

## ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor Víctor Eduardo Álvarez León, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de **INGENIERÍA DE MINAS**, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis de los estudiantes:

- Ayala Cercado Roberto Carlos

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: "Influencia de la dosificación de cal en el tratamiento de las aguas ácidas de la Quebrada Mesa de Plata Hualgayoc – 2018" para aspirar al título profesional de: Ingeniero de Minas por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al interesado para su presentación.

---

Ing. Víctor Eduardo Álvarez León.  
Asesor

## ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados han procedido a realizar la evaluación de la tesis del estudiante: Roberto Carlos Ayala Cercado para aspirar al título profesional con la tesis denominada: "Influencia de la dosificación de cal en el tratamiento de las aguas ácidas de la Quebrada Mesa de Plata Hualgayoc – 2018"

Luego de la revisión del trabajo, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

**Aprobación por unanimidad**

**Aprobación por mayoría**

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

Firman en señal de conformidad:

---

Ing. Rafael Napoleón Ocas Boñón  
Jurado  
Presidente

---

Ing. Oscar Arturo Vásquez Mendoza  
Jurado

---

Ing. Alex Patricio Marinovic Pulido  
Jurado

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación con mucho amor, profundo respeto y eterna gratitud a mis queridos padres Margarita y Fortunato y a mi pequeña hija Nicool quien ha sido la inspiración de esta tesis y desde luego a la madre de mi hija Lucía.

A mi hermano Jimmy, mis hermanas Karin, Gloria y Rosa quienes con su apoyo incondicional y su orientación permitieron que esta investigación se haga realidad.

Ayala Cercado, Roberto

## AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a Dios por siempre bendecir mi camino y darme fuerzas para no declinar a pesar de las adversidades que la vida me tuvo.

Y como no agradecer a mis padres, en especial a mi madre por su incansable lucha por darme la mejor educación, por su paciencia y sus consejos sabios para lograr mis objetivos trazados en mi vida y una de ellas estar plasmados en ésta investigación. A mi hija Nicool por su comprensión, a mis hermanos y muy en especial a la señora Lasteña.

De la misma manera agradecer a mi asesor Víctor Álvarez León, por ser el guía en el proceso de ésta investigación. Asimismo agradecer a minera Gold Fields La Cima, a la empresa Escorpión S.R.L, en especial al Ingeniero Luis Alberto Sánchez y el Ingeniero José Goicochea Regalado y a mis amigos Álvaro Vega y Elmer Huamán por su apoyo desinteresado para realizar esta investigación.

Finalmente agradezco a los seres que ya no están conmigo pero que con sus consejos trazaron un horizonte claro para hoy llegar a la meta, gracias a mis abuelitos Dalila y Víctor y en fin a todas las personas que con su preguntita ¿cuándo terminas la tesis? Para la cual por fin tengo la respuesta.

## Tabla de contenidos

|   |           |
|---|-----------|
| <b>ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS.....</b> | <b>2</b>  |
| <b>ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS .....</b>                 | <b>3</b>  |
| <b>DEDICATORIA .....</b>                                    | <b>4</b>  |
| <b>AGRADECIMIENTO.....</b>                                  | <b>5</b>  |
| <b>Tabla de contenidos.....</b>                             | <b>6</b>  |
| <b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>                               | <b>9</b>  |
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>                              | <b>11</b> |
| <b>ÍNDICE DE ECUACIONES .....</b>                           | <b>13</b> |
| <b>RESUMEN .....</b>  | <b>14</b> |
| <b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>                       | <b>15</b> |
| 1.1. Realidad problemática.....                             | 16        |
| 1.1.1. Antecedentes.....                                    | 18        |
| 1.1.2. Problema general.....                                | 25        |
| 1.1.3. Problemas específicos.....                           | 25        |
| 1.2. Objetivos .....  | 26        |
| 1.2.1. Objetivo general.....                                | 26        |
| 1.2.2. Objetivos específicos.....                           | 26        |

|  |           |
|--|-----------|
| 1.3. Hipótesis.....  | 26        |
| 1.3.1. <i>Hipótesis general</i> .....                                | 26        |
| 1.3.2. <i>Hipótesis específicas</i> .....                            | 26        |
| <b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>                                | <b>28</b> |
| 2.1 Tipo de investigación .....                                      | 28        |
| a. <i>Diseño de investigación.</i> .....                             | 28        |
| b. <i>Tipo de investigación.</i> .....                               | 28        |
| 2.2 Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos).....    | 28        |
| a. <i>Población.</i> .....   | 28        |
| b. <i>Muestra</i> .....  | 29        |
| c. <i>Materiales</i> .....   | 29        |
| d. <i>Instrumentos.</i> .....  | 30        |
| e. <i>Reactivo.</i> .....  | 30        |
| f. <i>Operacionalización de las variables</i> .....                  | 30        |
| 2.3 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos ..... | 31        |
| a. <i>Procedimiento</i> .....  | 31        |
| a. <i>Ubicación del punto de muestreo</i> .....                      | 31        |
| b. <i>Cronograma de toma de muestras.</i> .....                      | 31        |
| c. <i>Medición de caudal.</i> .....                                  | 32        |
| d. <i>Procedimiento de toma de muestra</i> .....                     | 33        |
| e. <i>Preparación de la muestra.</i> .....                           | 34        |
| f. <i>Desarrollo de los experimentos.</i> .....                      | 35        |

|  |           |
|--|-----------|
| g. Procedimiento general para prueba de jarras.....  | 36        |
| h. Plan de obtención de datos. ....                  | 37        |
| <b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>                | <b>38</b> |
| 3.1. Información general de la zona de estudio. .... | 38        |
| 1. Ubicación geográfica.....                         | 38        |
| 2. Accesibilidad.....                                | 39        |
| c. Precipitación fluvial. ....                       | 39        |
| d. Temperatura. ....                                 | 42        |
| e. Hidrología. ....                                  | 43        |
| 3.2. Resultados de objetivo 1:.....                  | 44        |
| 3.3. Resultados de objetivo 2:.....                  | 48        |
| 3.4. Resultados de objetivo 3:.....                  | 62        |
| <b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>   | <b>69</b> |
| <b>REFERENCIAS .....</b>                             | <b>72</b> |
| <b>ANEXOS .....</b>                                  | <b>74</b> |



## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 1:</b> Coordenadas de punto de muestreo. ....  | 31 |
| <b>Tabla 2:</b> Programación de toma de muestras. ....  | 32 |
| <b>Tabla 3:</b> Cronograma de recojo de muestras. ....  | 34 |
| <b>Tabla 4:</b> Métodos que se utilizó para obtención de datos. ....  | 37 |
| <b>Tabla 5:</b> Coordenadas UTM de la Quebrada Mesa de Plata – Hualgayoc.....   | 38 |
| <b>Tabla 6:</b> Vías de acceso al punto de muestreo.....  | 39 |
| <b>Tabla 7:</b> Estación Bambamarca precipitación lo que va del año 2018.....   | 40 |
| <b>Tabla 8:</b> Referencia de caudal Quebrada. Mesa de Plata estación HSE-3 y HSE-4 .....   | 41 |
| <b>Tabla 9:</b> Estación Chugur Temperatura en lo que va del año 2018. ....   | 42 |
| <b>Tabla 10:</b> Resultados físico – Químicos.....  | 44 |
| <b>Tabla 11:</b> Resultados de parámetros inorgánicos.....  | 46 |
| <b>Tabla 12:</b> Resultados de cal útil usada en los experimentos.....  | 48 |
| <b>Tabla 13:</b> Resultados de muestra agua ácida tomados en campo para muestra cero.....   | 48 |
| <b>Tabla 14:</b> Resultados datos de Laboratorio dosificación 0.5 g. ....   | 51 |
| <b>Tabla 15:</b> Resultados datos de Laboratorio dosificación 0.75 g. ....  | 52 |
| <b>Tabla 16:</b> Resultados datos de Laboratorio dosificación 1 g. ....   | 61 |
| <b>Tabla 17:</b> Comparación de parámetros físico-químicos obtenidos de muestras sin tratar y muestra tratada con los ECA 2017 y LMP 2010. .... | 62 |
| <b>Tabla 18:</b> Resultados de parámetros inorgánicos emitidos por el Laboratorio Regional del Agua.....  | 63 |
| <b>Tabla 19:</b> Comparación de los parámetros inorgánicos con ECA categoría 3. ....  | 64 |
| <b>Tabla 20:</b> Comparación de los parámetros inorgánicos con ECA categoría 3. ....  | 64 |
| <b>Tabla 21:</b> Comparación de los parámetros inorgánicos con ECA categoría 3. ....  | 65 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 22:</b> Comparación de los parámetros inorgánicos con ECA categoría 3. .... | 65 |
| <b>Tabla 23:</b> Comparación de remoción de metales pesados.....                     | 66 |
| <b>Tabla 24:</b> Comparación de remoción de metales.....                             | 67 |
| <b>Tabla 25:</b> Comparación de remoción de metales.....                             | 67 |
| <b>Tabla 26:</b> Comparación de remoción de metales.....                             | 67 |
| <b>Tabla 27:</b> Comparación de remoción de metales.....                             | 68 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1:</b> Estación Bambamarca precipitación lo que va del año 2018. ....  | 40 |
| <b>Figura 2:</b> Precipitación Estación HSE-3 – HSE-4 Quebrada Mesa de Plata.....  | 41 |
| <b>Figura 3:</b> Temperatura máxima y mínima estación meteorológica Chugur.....  | 43 |
| <b>Figura 4:</b> Datos de campo y muestra cero. ....   | 50 |
| <b>Figura 5:</b> Representación de la confiabilidad de la línea de tendencia y coeficiente de determinación en lo que respecta al pH muestra tomada en campo.....  | 51 |
| <b>Figura 6:</b> Representación del comportamiento del pH después de la dosificación.....  | 53 |
| <b>Figura 7:</b> Representación de la confiabilidad de la línea de tendencia y coeficiente de determinación en lo que respecta al pH muestra tomada en laboratorio post dosificación. ....                     | 54 |
| <b>Figura 8:</b> Representación de variación de NTU. ....  | 54 |
| <b>Figura 9:</b> Representación de la confiabilidad de la línea de tendencia y coeficiente de determinación en lo que respecta a la turbiedad muestra tomada en campo post dosificación. ....                  | 55 |
| <b>Figura 10:</b> Representación de la temperatura. ....   | 56 |
| <b>Figura 11:</b> Representación de la confiabilidad de la línea de tendencia y coeficiente de determinación en lo que respecta a la temperatura de muestra tomada en campo post dosificación.....             | 57 |
| <b>Figura 12:</b> Representación de la conductividad eléctrica.....  | 58 |
| <b>Figura 13:</b> Representación de la confiabilidad de la línea de tendencia y coeficiente de determinación en lo que respecta a la conductividad eléctrica de muestra tomada en campo post dosificación..... | 59 |
| <b>Figura 14:</b> Representación total sólidos disueltos.....  | 59 |

**Figura 15:** Representación de la confiabilidad de la línea de tendencia y coeficiente de determinación en lo que respecta a los TDS de muestra tomada en campo post dosificación.

..... 60

## ÍNDICE DE ECUACIONES

(El presente índice se fijará en función a la naturaleza del trabajo. Las ecuaciones se emplean habitualmente en investigaciones en ingeniería)

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación es la determinación de la influencia de la dosificación de cal en el tratamiento de las aguas ácidas de la quebrada mesa de plata es por ello que se realizaron primeramente trabajos de medición del caudal, se programó el recojo de muestras, se caracterizó la calidad de agua con datos de campo y laboratorio, se evaluó la cal útil para proceder a realizar los experimentos para lo cual se procedió a regular las RPM del equipo Jar –test en 1000, 800, 600 y 400 RPM respectivamente, se procedió entonces a realizar los experimentos la muestra 1 a 1000 RPM, 30 minutos de agitación, 1 g de cal y 30 minutos de reposo; muestra 2 a 800 RPM, 25 minutos de agitación, 0.75 g cal y 30 minutos de reposo; muestra 3 a 600 RPM, 20 minutos de agitación, 0.05 g de cal y 30 minutos de reposo; muestra 4 a 400 RPM, 15 minutos de agitación, 0 g de cal, 30 minutos de reposo, muestras que se experimentaron en 2 litros de agua, se optó por la opción de 0.75 g de cal/ 2 litros pues esta medida después del tratamiento logró adecuar los parámetros del agua a un pH 8.09 u.e, la remoción de material inorgánico de Al 89 %, As 71 %, Cd 98 %, Fe 99 %, Mg 87 %, Mn 99 %, Na 14 %, Pb 89 %, Tl 60 %, Zn 98 % logrando adecuar a los parámetros del D.S N° 004-2017-MINAM, Categoría 3 – Bebida de Animales. Concluimos diciendo entonces que la dosificación de cal como coagulante, floculante y neutralizante influye positivamente en el tratamiento de las aguas ácidas de la Quebrada Mesa de Plata.

**Palabras clave:** Aguas ácidas, neutralización, cal.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

El hombre desde que vio en la minería una oportunidad de poder adquirir de ella elementos y compuestos para satisfacer y mejorar su calidad de vida, jamás se preocupó en remediar las áreas de las cuales se extraía los minerales; los abandonaba, logrando en su ambición desmedida lo que hoy conocemos como Drenaje Ácido de Minas (DAM), llegando a contaminar fuentes de agua que servían para la sobrevivencia de otras especies. Pero, cuando se tomó conciencia de las consecuencias de estas acciones, se ha visto en la necesidad de optar por ver una forma de remediar las áreas impactadas y recuperar mediante tratamientos convencionales y modernos, las aguas impactadas negativamente por la migración de los drenajes ácidos de mina.

El tratamiento de drenaje ácido de mina (DAM) que el hombre ha desarrollado para tratar de mejorar y permitir descargas a los afluentes, dentro de los Límites Máximos Permisibles (LMP), que las normativas mundiales y nacionales vigentes establecen; son variados, desde los naturales hasta los artificiales, de los económicos a los más costosos, sea cualesquiera el tratamiento que se les dé a estas aguas ácidas, lo que se busca es mitigar los impactos negativos en los ecosistemas.

La realidad problemática de la Quebrada Mesa de Plata ubicada en encuentra ubicada en el distrito de Hualgayoc, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca es crítica, pues por ésta deberían discurrir aguas tipo 3 según D.S N° 004-2017-MINAM, Categoría 3 – Bebida de Animales, pero lamentablemente discurren aguas ácidas con pH debajo de 6.5, valor muy por debajo de los LMP; todo esto producto de los pasivos mineros abandonados, que si bien se están dando remediación física, estos no están mejorando en manera la calidad de agua que discurre por la quebrada, motivo por el cual se requieren para ello un tratamiento

para mejorar las condiciones de acides de estas aguas y darle otros usos en la agricultura y ganadería.

### **1.1. Realidad problemática**

En el mundo la minería ha sido y es una de las actividades de extracción más grande que ha existido desde los albores de la humanidad siendo como toda actividad el sustento y el aporte de grandes cambios en el mundo. Como tal el aprovechamiento de estos recursos minerales muchas veces irresponsablemente ha provocado un problema ambiental enorme producto de los pasivos ambientales mineros que tras ser auge y desarrollo en su momento, posteriormente tras su abandono por muchas razones han provocado la contaminación de las aguas de muchos afluentes en el mundo. Desde entonces se ha empezado a tener conciencia y buscar alternativas de tratamiento para la predicción, control y mitigación de los impactos negativos al medio ambiente.

Generalmente los procesos de tratamiento de los drenajes ácidos se basan en la eliminación y el aislamiento de metales y aniones metálicos de las aguas. Algunos de ellos incluyen las técnicas de precipitación que suelen ser bastante efectivas para conseguir la calidad deseada de los efluentes. Sin embargo, si existen metales pesados en disolución en forma de complejos orgánicos, su retirada mediante precipitación directa resulta muy difícil sino imposible. En estos casos, el complejo debería descomponerse antes de añadir el agente precipitante. Aduvire, (2006, pág. 79).

En la actualidad existen innumerables denuncias y casos de conflictos entre las empresas mineras, comunidades y el estado peruano por problemas ambientales evidentes en casos de empresas que actualmente se encuentra en operación, minas ya cerradas y operaciones abandonadas en las regiones de Ayacucho, Apurímac, Huancavelica, Cusco, Puno, Pasco, Arequipa, Moquegua, Tacna, etc. La gran mayoría



de estas denuncias apuntan hacia un mal manejo de recursos o a una clara contaminación de los recursos naturales por parte de la actividad minera. Existen muchos casos de canchas de relaves abandonadas en la región de Cerro de Pasco debido a una mala regulación de la actividad minera ambiental en el país en la década de los 70's y 80's. Li, (2013, pág. 16).

La región Cajamarca y en particular en la provincia y distrito de Hualgayoc no ha sido exenta de los problemas medioambientales que han generado los pasivos ambientales mineros abandonados, los cuales han generado la contaminación de sus aguas y para los cuales no se cuenta con un adecuado control, ni tratamiento que ayude a solucionar el agudo problema medioambiental que se tiene y que ha agudizado la problemática de falta de agua y ha calado negativamente en la salud de los pobladores que de alguna manera en su momento consumieron agua de estos afluentes.

El agua de la quebrada Mesa de Plata (...) se caracteriza por presentar pH ácido y ligeramente alcalino, siendo ligeramente más ácida en la parte alta de la quebrada por la descarga de la boca mina Arpón (con valores entre 2.7 y 7.8 u.e y un promedio de 5.7 u.e, en la estación (HSI-1), incrementándose ligeramente (con valores entre 4.9 y 8.0 u.e, y un promedio de 6.7u.e en la estación (HSI-2), luego de recibirla descarga del efluente proveniente de la poza de sedimentación (EF-7) que presenta aguas neutras y ligeramente alcalinas con valores entre 6.7 y 8.8 u.e y un promedio estimado de 7.6 u.e. Las descargas de las pozas de sedimentación a la quebrada Mesa de Plata (EF-7) y Corona (EF-8) no registraron excedencia al lineamiento establecido. Estudio de Impacto Ambiental (EIA) Gold Fields, (2012, pág. 19).

Los pasivos ambientales caracterizados en Hualgayoc son resultado de las labores de la antigua minería, en su mayoría generan drenajes ácidos que durante décadas

significan un problema aún por resolver, durante este periodo han surgido una serie de conflictos socio ambientales en lucha de protesta sobre la problemática ambiental reflejada en la afectación de la calidad de los recursos hídricos de la cuenca del río Hualgayoquino alertando la presencia de sustancias tóxicas con valores que superan los ECAs, lo que representa un riesgo ambiental para la salud del ecosistema y la población cercana. Aguilar & Aguilar, (2017, pág. 19).

Lo que se busca con este trabajo es proponer el uso del método activo (Óxido de Calcio) para el tratamiento de las aguas ácidas de la quebrada Mesa de Plata. Siendo éste trabajo de investigación de tesis una iniciativa para el desarrollo sostenible de Hualgayoc, basado en principios ambientales aplicado al DAM de los pasivos ambientales.

### **1.1.1. Antecedentes.**

- **Antecedentes a nivel internacional.**

Zamora & Trujillo (2016), en la ciudad de Oruro – Bolivia, en su investigación realizada Planta de tratamiento en Interior Mina de las Aguas Ácidas de la Mina San José – Oruro – Bolivia, sostuvieron que: el drenaje ácido generado en el interior de la mina, con valores de pH fuertemente ácidos de 1.2 a 2.5, es bombeada a 8 L/s; y sin ningún tratamiento, luego es vertido al medio ambiente. Dichas aguas ácidas, desembocan finalmente en el lago Urú – Urú. La carga de metales disueltos anual que es de 1 Kg Cd; 11 Kg de Cu; 761 Kg de Fe; 14 Kg de Pb; 13 Kg de As; 0.3 Kg de Sb y 22 Kg de Zn.

El objetivo de su trabajo se circunscribió a estudiar técnica, económica, ambiental y socialmente las alternativas de tratamiento de las aguas ácidas de la mina San José a partir de pruebas a escala laboratorio y planta piloto.

Las alternativas de tratamiento estudiadas fueron: Evaporación – Cristalización; Neutralización – Precipitación con cal en superficie; Drenes de caliza anóxicos y finalmente, Neutralización – Precipitación con cal en interior de la mina. De los resultados de la valoración técnica, económica, ambiental y social, se concluyó que la última alternativa es la más adecuada.

El estanque de tratamiento y separación sólido / Líquido en el interior mina, consiste en una galería abandonada de 104 M de largo, 2 M de ancho y una altura de 1.8 M. Esta permitirá el tratamiento de 691.2 m<sup>3</sup>/día de agua ácida. El consumo de cal fue 10 g/L inyectada como lechada su requerimiento es de 6.9 T/día. Las aguas de rebose del estanque de tratamiento serán bombeadas al exterior a un pH de descarga de 6.7; por tanto dichas descargas con la acidez de descarga y en gran medida, la de los límites permisibles de descarga de metales pesados. Finalmente la descarga de los lodos será de manera discontinua bombeados mediante una bomba lodera; y éstos, serán dispuestos en los rajos abandonados que se encuentran a 150 M del punto de descarga del estanque. El costo de la inversión del proyecto es 282.686,01 \$ y los costos de operación ascenderán de 383.918,32 por año.

Zamora & Mata (2017), en Potosí, realizó un estudio técnico de la Recuperación de un Producto Comercial de Zinc mediante desulfuración, dren anóxico calizo y precipitación de las aguas ácidas de la mina Porco, señala: que en la operación minera subterránea de Porco, ubicada en el departamento de Potosí – Bolivia, en la parte Noroeste de la provincia de Antonio Quijarro, a unos 4099 msnm; y distante a unos 50 Km de la ciudad se generan aguas ácidas de mina permanente evacuadas a un flujo de 30 L/s y a un pH de 2.4. Entre los principales metales disueltos en estas aguas se

encuentran en unidades de mg/L: 9164 de Zn; 2160 de Fe; 36 de Cd; 10.9 de Cu y 0.42 de Pb; además de 12300 de sulfato.

Debido al déficit hídrico en la zona, la operación minera mezcla dichas aguas ácidas con las colas básicas procedentes del proceso de concentración de minerales a neutralizarlas y alcanzar en valor de pH de 4.6; para luego después de decantarlas en el dique de colas y tratarlos con cal, alcanzar un pH de 12, y recircularlas al proceso de flotación.

El objetivo del presente trabajo de investigación es estudiar técnicamente el tratamiento de las aguas ácidas de la Mina Porco, mediante un proceso de Desulfatación – Neutralización en drenes anóxicos calizos – Precipitación aireada con cal, a objeto de recuperar el Zinc presente en las mismas mediante pruebas a escala laboratorio para su posible aplicación a escala industrial.

Los resultados obtenidos en la desulfuración demuestran que es posible lograr disminuir la concentración de sulfato de 12260.37 mg/L a 1078.49mg/L, a un pH de 3.0 con la adición de caliza molida; mientras que, en el tratamiento del efluente descargado en un dren anóxico calizo, se determinó que para un tiempo de residencia de 15 horas, la alcalinidad alcanzada fue de 160 mg/L y un pH de descarga de 6.5. Finalmente, el efluente de descarga de dicho dren anóxico calizo, permitió obtener por post – aireación y adición de cal, un precipitado con contenidos de Zn de hasta 20.88% y con bajos contenidos de otras impurezas que requerirá ser sometido a un proceso de deshidratación a temperaturas de 627 °C a objeto de obtener ZnO comerciable. Las dimensiones del lecho del dren anóxico calizo para 5 años de operación y para tratar 30 L/s de agua ácida son: Profundidad de 2.5 M; ancho de 17.7 M y largo 88.71 M.

### **b. Antecedentes a nivel nacional.**

Jimenez (2017), en la ciudad de Puno realizó su tesis sobre la Eficiencia en la remoción del tratamiento de aguas ácidas de mina, mediante neutralización activo con lechada de cal de la Unidad Minera Arasi - Puno, generado en el pie del Botadero Jessica. La investigación se realizó en cuatro etapas: primero se realizó la medición del caudal y la caracterización del agua ácida, la segunda etapa se realizó los ensayos de laboratorio con la neutralización con lechada de cal y análisis de los parámetros físico- químico e inorgánico del agua tratada obtenida de los ensayos de laboratorio; en tercer lugar la adecuación del tratamiento con lechada de cal al actual sistema de tratamiento, y por último la cuarta etapa es el análisis de los parámetros físico- químicos e inorgánicos a nivel de campo. Los resultados obtenidos en la remoción de metales pesados en el efluente a nivel de campo a un pH de 8.1, C.E de 5.14 mS/cm y O.D de 5.54 mg/L arroja resultados de remoción de 99.96% de Al, 0% de As, 99.7% de Be, 99.8% de B, 98.9 de Cd, 99.9% de Co, 99,9% de Cu, 99.5% Cr, 99.98% Fe, 83.5% Mg, 98.7% de Mn, 99.9% de Ni, 0% de Pb, 0% de Se y 99.95% de Zn. En conclusión, al neutralizar el drenaje ácido con lechada de cal existe una eficiencia de remoción considerable de los parámetros físico químico e inorgánico.

Por su parte Tejada (2017), en su tesis titulada Tratamiento y Sedimentación de la turbidez con cal en las aguas residuales mineros de la Unidad Operativa Minera Santiago – B La cual está ubicada en el paraje Vizcachani – Ananea de la Concesión Minera Estela, la cual pertenece a la Central de Cooperativas Mineras de San Antonio de Poto Ltda. Donde el problema principal es la turbidez y la demora de la sedimentación de las aguas residuales relaves mineros, cuyo objetivo general es evaluar la sedimentación de sólidos totales en suspensión (SST) y reducir la turbidez de las aguas residuales de relaves mineros, utilizando cal como coagulante - floculante

en la Unidad Operativa Minera Santiago - B. Para obtener los datos de muestreo se ha utilizado equipos de monitoreo y evaluación ambiental de la FIM-UNAP, plantilla de apunte, envases de plástico, entre otros. El diseño de investigación es experimental, empleando el método de pruebas de jarras (Jar-Test) en el laboratorio de Control de Calidad de la Facultad de la Ingeniería de Química - UNAP y en el laboratorio de Monitoreo y Evaluación Ambiental de la Facultad de Ingeniería de Minas – UNAP. Se ejecutaron pruebas de sedimentación en probetas de 100 ml y en vasos precipitados de 1 litro, así mismo las pruebas de turbidez y sedimentación de SST; las pruebas experimentales se realizaron por cuatro fechas, donde el resultado de la turbidez inicial fue 81 900 NTU y SST fue 67 400 mg/l, y el resultado final para una unidad de tiempo de 60 minutos la turbidez es 19,39 NTU y SST final es 18,25 mg/l, donde la dosis óptima de cal al 5 % es 0,3 g de cal por litro de agua residual, con una remoción de 99,976 % para turbidez y 99,973 % de remoción para SST.

**Por otro lado** Rosas & Carranza (2015), en la ciudad de Trujillo, realizaron una tesis titulada: Estudio técnico para el tratamiento de aguas ácidas en los drenajes de la industria minera, en la cual señala que: antes del tratamiento en sí, conociendo la composición química de un mineral, se ha calculado el potencial de acidez máxima, el potencial de neutralización y el potencial neto de neutralización, cuyas relaciones nos permiten predecir si el mineral a explotar producirá o no un agua ácida con la finalidad de tomar las previsiones del caso y usar métodos preventivos (pasivos), antes que usar los correctivos (activos).

En el tratamiento activo de aguas de mina, es importante conocer el análisis químico del agua de mina con la finalidad de tomar estrategia del caso, según sea los usos que se va a dar al agua tratada. En éste caso específico se eleva el pH de 2.5 a 4, usando

Hidróxido de Calcio, que permite precipitar al hierro. En ésta etapa se elimina el Hierro como Hidróxido de Hierro por filtración. Posteriormente se sigue elevando el pH de 4 a 7, que permite precipitar el Cromo. Se sigue elevando el pH de 7 a 8.1 donde se precipita el catión  $\text{Cu}^{+2}$ , finalmente se eleva el pH de 8.1 a 10.5 para precipitar los iones  $\text{Zn}^{+2}$ ,  $\text{Ni}^{+2}$ . Una vez separada la mayoría de los cationes en medio alcalino, se requiere llevar el pH a un valor neutro. Esto se consigue adicionando paradójicamente ácido sulfúrico. Se obtiene como resultado un agua de mina exenta de una serie de cationes los cuales han precipitado como hidróxidos insolubles que conjuntamente con el sulfato de calcio son retirados en forma de sólidos. Se desarrolla un programa de cálculo que utiliza como datos el análisis químico y el volumen de agua de mina que permite calcular la masa total de hidróxido de calcio necesario y la masa de sólidos totales formados.

Barreto, 2016, En la ciudad de Trujillo, en su tesis Efecto de la dosificación de cal en la remoción de hierro y cobre del efluente de la empresa minera San Simón – La Libertad señala que su trabajo de investigación se realiza la dosificación con cal para remover concentraciones de hierro y cobre del efluente de la empresa minera San Simón, ubicada en el caserío Tres Ríos, provincia de Santiago de Chuco – La Libertad. El efluente se caracteriza por tener un pH ácido de un valor promedio de 3.51 y una concentración promedio de hierro y cobre de 61,935 y 19,415 ppm respectivamente. Las tres muestras tomadas del efluente minero fueron de 9 litros cada una, el tratamiento experimental se realizó a diferentes tiempos (30, 60, 90 minutos) y a diferentes concentraciones de óxido de calcio (40, 80, 120 g/L). Se empleó el espectrofotómetro de absorción atómica a la llama para determinar las concentraciones de hierro y cobre antes y después del tratamiento, además se usó el

pH-metro para medir el pH de las muestras. Según los resultados obtenidos, la cantidad de cal adecuada debe ser 80 g/L de efluente en un tiempo de agitación de 90 minutos de tratamiento, porque se logra una buena remoción y se cumple con la normativa ambiental vigente de acuerdo al decreto supremo n° 010-2010-MINAM. Finalmente, en los resultados obtenidos se evidenciaron la influencia del tiempo de agitación y del pH en la remoción de los metales pesados antes mencionados. Dado que, a medida que el pH y el tiempo se incrementa, disminuye la concentración de hierro y cobre.

**Finalmente** Gallardo (2015), en la ciudad de Cajamarca, en su tesis Impacto de la minera Sipán en aguas superficiales del centro poblado San Antonio de Ojos – san miguel- Cajamarca, señala: Que el impacto de la minera Sipán en las aguas superficiales la cual se ubica dentro de la zona de influencia del centro poblado San Antonio de Ojos en el distrito de Ilapa, provincia San Miguel, departamento de Cajamarca, teniendo como estudio a la etapa de cierre en las que se dan las actividades de monitoreo y tratamiento de las aguas a descargar para el riego de vegetales y bebida de animales que deben de realizarse luego de concluidas las acciones de rehabilitación hasta que se demuestre la estabilidad física y química del residuo o del componente minero susceptible a generar impactos negativos, de acuerdo con el plan de cierre de minas aprobado por la autoridad competente.

Así de esta manera la evaluación comprendió en el muestreo de nueve puntos divididos en cuatro categorías: El primero trata de los puntos de ingreso a las plantas; el segundo de las descargas de agua tratada que realiza la unidad minera, el tercero los efluentes de las quebradas Ojos y Minas, el cuarto el río Yanahuanga antes y después de las microcuencas de manera que se logre visualizar la mayor cantidad de datos,



obteniendo el contenido promedio de metales principales (Fe, Zn, Cu, Mn, Pb, Cd, Hg, As).

Se registraron para el ingreso de agua a plantas pHs ácidos menores a 4 debido a que representan al punto de ingreso de aguas que se dirigen a la planta de tratamiento, para los puntos de descarga se observó que se encuentran sobre dosificados de lechada de cal, pero los efluentes se encuentran dentro de los LMP, así como dentro del rango de las concentraciones según ECAs y por último para los cuerpos receptores se encontró que los pHs y las concentraciones de metales según ECAs, se encuentran dentro de los LMP por lo tanto se puede demostrar que después de haber utilizado el recurso hídrico y mediante las descargas del caudal se obtuvo la neutralización del pH, para el riego de vegetales y bebida de animales según indica la categoría 3 del D.S. N° 002-2008- MINAM.

## **1.1 Formulación del problema**

### **1.1.2. Problema general.**

Las consideraciones expuestas nos llevan a plantearnos la siguiente interrogante:

¿De qué manera influye la dosificación de cal en el tratamiento de las aguas ácidas en la quebrada mesa de plata?

### **1.1.3. Problemas específicos.**

- ¿Cómo influye la calidad de agua a tratar en la Quebrada Mesa de Plata?
- ¿Cuál es la influencia de la cantidad óptima de cal en el caudal de agua ácida a tratar en la Quebrada Mesa de Plata?

- ¿De qué manera influye el tiempo de neutralización con cal en los ECAs categoría 3 para bebida de animales en la Quebrada Mesa de Plata?

## 1.2. Objetivos

### 1.2.1. Objetivo general

- Determinar la influencia de la dosificación de cal en el tratamiento de las aguas ácidas de la Quebrada Mesa de Plata.

### 1.2.2. Objetivos específicos

- Caracterizar la calidad de las aguas con datos de campo y en laboratorio de las aguas que discurren por la Quebrada Mesa de Plata.
- Evaluar la influencia de la cantidad de dosificación de la cal (CaO) en el tratamiento de las aguas ácidas de la Quebrada Mesa de Plata.
- Comparar la influencia de la neutralización con cal (CaO) en los ECAs categoría 3 para bebida de animales de las aguas tratadas de la Quebrada Mesa de Plata.

## 1.3. Hipótesis

### 1.3.1. Hipótesis general

La dosificación de cal (CaO) como coagulante, floculante y neutralizante influye significativamente en el tratamiento de las aguas ácidas de la Quebrada Mesa de Plata.

### 1.3.2. Hipótesis específicas

- La calidad de agua influye significativamente en los resultados de campo y laboratorio de las aguas a tratar en la Quebrada Mesa de Plata
- La cantidad de cal influye significativamente en el caudal de agua ácida a tratar en la Quebrada Mesa de Plata.

- El tiempo de neutralización con cal influye significativamente en los ECAs categoría 3 para bebida de animales en la Quebrada Mesa de Plata.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1 Tipo de investigación

#### a. Diseño de investigación.

Hernández, 2014, define a la investigación experimental como un estudio en el que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes (supuestas causas-antecedentes), para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos-consecuentes), dentro de una situación de control para el investigador.

Bajo esta premisa la investigación realizada es de diseño experimental en la cual se medirá determinados parámetros utilizando las pruebas de jarras (jar-test) en el laboratorio utilizando como neutralizante la cal, para determinar la influencia que genera el uso de este reactivo en el tratamiento de las aguas ácidas de la quebrada mesa de plata.

#### b. Tipo de investigación.

La investigación que se realizó para ésta tesis es de tipo aplicada; pues el objetivo trazado indica determinar la influencia de la dosificación de cal en el tratamiento las aguas ácidas de la quebrada mesa de plata; Estos resultados servirán para que se implemente el tratamiento de aguas a nivel industrial.

### 2.2 Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

#### a. Población.

Según Hurtado de Barrera (2000), la unidad de estudio se refiere al contexto, al ser o entidad poseedores de las características, evento, cualidad o variable que desea estudiar atendiendo esta conceptualización, la unidad de estudio

que se tomó para esta investigación son las aguas que discurre por la Quebrada Mesa de Plata que presenta condiciones físico-químicas nocivas para el medioambiente. La población de estudio para este trabajo de investigación son las aguas ácidas de la quebrada Mesa de Plata.

#### **b. Muestra.**

Hernández, 2014, define a la muestra como a un subgrupo representativo de la población o universo, atendiendo este concepto se tomó una muestra en el punto 2, la muestra consistió de 10 litros de agua durante un periodo de 10 días, las cuales fueron trasladadas al laboratorio para realizar los respectivos análisis y pruebas de jarras. La muestra total de agua utilizada para las pruebas de jarras fue de 60 litros, que en porcentaje representa el 60 % del total de agua usada pues lo restante 40 litros que representa el 40 % se usó para el análisis y otros. Entonces diremos que el tamaño de nuestra muestra vendría a ser 100 litros de agua ácida aproximadamente, ver anexo 8.

#### **c. Materiales.**

- 9 baldes de 2 litros transparentes.
- 2 jarras de 1 litro transparente.
- 2 baldes de 10 litros transparente.
- 1 galón de 40 litros.
- 1 reloj.
- 1 metro de tubo de 4 pulgadas.
- 3 reglas de 20 cm.
- Papel tornasol.

#### d. Instrumentos.

- GPS.
- Turbidímetro.
- pH metro.
- Balanza digital.
- Tacómetro.
- Equipo para agitar jar-test.

#### e. Reactivo.

- Cal (como coagulante, Neutralizante y floculante) ver anexo 9 y 23.

#### f. Operacionalización de las variables.

| VARIABLES                               | DEFINICIÓN CONCEPTUAL  | DIMENSIONES                    | INDICADORES                              |
|---|--|--------------------------------|--|
| <b>Dosificación de cal.</b>             | <b>Cantidad de cal</b> expresada en unidades de volumen o peso que se administra a un fluido como el agua; con el único fin de mantener el agua en condiciones adecuadas de <b>pH</b> , dentro de los <b>límites Máximos Permisibles</b> .   | La cal útil (CaO).             | - (%).                                   |
|   |  | Cantidad de cal.               | - (gr)                                   |
|   |  | Tiempo de neutralización       | - Minutos y/o Horas.                     |
| <b>Tratamiento de las aguas ácidas.</b> | El tratamiento del agua para los niveles elevados de metal y la acidez es un resultado común del drenaje ácido de la mina. Los sistemas de tratamiento de agua activos son instalaciones de tratamiento de agua altamente diseñadas que comúnmente emplean la modificación química del agua de mina ácida para lograr un estándar de calidad de agua especificado en un permiso de <i>descarga</i> . (Jennings, S. R., Blicher, P. S., & Neuman, D. R. (2008, p.19). | Acidez agua.                   | - pH.                                    |
|   |  | Cantidad de agua a tratar      | - Litros.                                |
|   |  | ECA's para bebida de animales. | - Decreto Supremo N° 004 – 2017 – MINAM. |

### 2.3 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Para la recolección de datos se ha elaborado un sistema de formatos impresos y digitales en el programa Excel, para cada actividad. Estas cartillas de fácil y sencilla elaboración e interpretación para realizar las anotaciones de datos tanto en campo como en gabinete. Ver anexo 10, 11.

#### a. Procedimiento

##### a. Ubicación del punto de muestreo.

La ubicación del punto ha sido estratégicamente accesibles y seguros para la toma de muestra, ver la tabla 1 y anexo 8.

**Tabla 1:** Coordenadas de punto de muestreo.

| Puntos que limitan el estudio. | Coordenadas WGS 84 – 17M |          | Altitud (msnm) |
|--------------------------------|--------------------------|----------|----------------|
|                                | Norte (N)                | Este (E) |                |
| 2                              | 9252187                  | 763904   | 3631           |

**Fuente:** Elaborada por el autor.

##### b. Cronograma de toma de muestras.

El cronograma de toma de muestras se planificó secuencialmente en 10 días consecutivos cuyas fechas y los ítems que se muestrearon se muestran en el cuadro 2.

**Tabla 2:** Programación de toma de muestras.

| Fechas de muestreo | Fechas de muestreo |               |         |
|--------------------|--------------------|---------------|---------|
|                    | Item               | Hora muestreo | Pto - 2 |
| 08/09/2018         | 1                  | 11:35 a.m.    | si      |
| 09/09/2018         | 2                  | 07:05 a.m.    | si      |
| 10/09/2018         | 3                  | 05:20 p.m.    | si      |
| 13/09/2018         | 4                  | 06:00 a.m.    | si      |
| 14/09/2018         | 5                  | 07:25 a.m.    | si      |
| 15/09/2018         | 6                  | 12:10 a.m.    | si      |
| 16/09/2018         | 7                  | 04:30 p.m.    | si      |
| 17/09/2018         | 8                  | 05:35 p.m.    | si      |
| 18/09/2018         | 9                  | 05:35 p.m.    | si      |
| 19/09/2018         | 10                 | 05:35 a.m.    | si      |

**Fuente:** Elaborada por el autor.

### c. Medición de caudal.

Para medir el caudal de la fuente que fue materia de estudio se aplicó el método volumétrico que se describe a continuación:

- Primeramente se encauso el curso de agua hacia un tubo de 4" para luego tener un solo punto de ingreso hacia la boca del depósito con el que se contó.
- Se llenó agua al depósito por un tiempo de 30 segundos.
- Finalmente se fue midiendo lo que se llenó en una jarra graduada de 1 litro logrando medir culminando la suma de 40 litros.
- Luego se pasó a hacer los cálculos usando la fórmula para hallar el caudal.

$$Q = \frac{V}{T}$$

Donde:

Q = Caudal el m<sup>3</sup>/s



V = Volumen en m<sup>3</sup>

T = Tiempo en segundos.

Convertimos 40 L en m<sup>3</sup>

$$40 \cancel{L} = \frac{0.001 \cancel{m^3}}{1 \cancel{L}} = \frac{0.04 \cancel{m^3}}{1} = 0.04 \cancel{m^3}$$

Ahora calculamos el caudal:

$$Q = \frac{V}{T} = \frac{0.04 \cancel{m^3}}{30 \cancel{s}} = 0.0013 \cancel{m^3/s}$$

Ahora convertimos los m<sup>3</sup> a L.

$$0.0013 \frac{\cancel{m^3}}{\cancel{s}} = \frac{1000 \cancel{L}}{1 \cancel{m^3}} = 1.3 \cancel{L/s}$$

Finalmente se ha determinado que por el la quebrada mesa de plata al momento de la medición tenía un caudal de 1.3 litros por segundo, ver anexo 12.

#### **d. Procedimiento de toma de muestra.**

Para la presente investigación se toma como guía los resultados de muestreo hechos por Gold Field en el punto de monitoreo Q. Mesa 2 anexo 13, la cual a su vez es punto de monitoreo participativo, por ser éste el punto más cercano al punto donde se ha realizado esta investigación, ver anexo 14. Posteriormente se volvió a tomar muestras simples en el punto 2 estratégicamente ubicado en la Quebrada Mesa de Plata, ver tabla 3 y anexo 8; esta muestra se tomó en tiempos diferentes y en 10 fechas diferentes, 01 muestra de 10 litro, durante 10 días en total 100 litros, de los cuales 1 litro de cada una de las muestras ha sido destinada a tomar los parámetros de campo en el laboratorio.

**Tabla 3:** Cronograma de recojo de muestras.

| Fechas de muestreo | Fechas de muestreo |              |            |              |
|--------------------|--------------------|--------------|------------|--------------|
|                    | Hora               | Pto - 2 en L | Hora       | Pto - 2 en L |
| 08/09/2018         | 11:35 a.m.         | 1            | 11:35 a.m. | 9            |
| 09/09/2018         | 07:05 a.m.         | 1            | 07:05 a.m. | 9            |
| 10/09/2018         | 05:20 p.m.         | 1            | 05:20 p.m. | 9            |
| 13/09/2018         | 06:00 a.m.         | 1            | 06:00 a.m. | 9            |
| 14/09/2018         | 07:25 a.m.         | 1            | 07:25 a.m. | 9            |
| 15/09/2018         | 12:10 a.m.         | 1            | 12:10 a.m. | 9            |
| 16/09/2018         | 04:30 p.m.         | 1            | 04:30 p.m. | 9            |
| 17/09/2018         | 05:35 p.m.         | 1            | 05:35 p.m. | 9            |
| 18/09/2018         | 05:35 p.m.         | 1            | 05:35 p.m. | 9            |
| 19/09/2018         | 05:35 a.m.         | 1            | 05:35 a.m. | 9            |
| <b>TOTAL</b>       |                    | 10           |            | 90           |

**Fuente:** Elaborada por el autor.

#### **e. Preparación de la muestra.**

Para esta investigación se realizó el tratamiento de la muestra por sedimentación gravimétrica con la finalidad de aumentar el pH y disminuir determinados parámetros como TDS, Fe, Mn, entre otros. Esta muestra la cual ha sido tomada diariamente, ver tabla 3; fueron divididas en cuatro baldes de 2 litros cada uno previamente lavados tres veces con la misma agua de la muestra tomada. Posteriormente fue puesto al Jar – test para poder agitarlo por (400, 600, 800, 1000 RPM) y a tiempo de (15, 20, 25, 30 minutos) y posterior reposo de la muestra de 30 minutos estas muestras tratadas fueron separadas en un envase rotulado y etiquetado para luego ser trasladadas al laboratorio Planta de tratamiento de agua Coimolache,

estas muestras en total fueron 10 para medir parámetros como (pH, TDS, NTU, T°, EC), las tres últimas se llevaron al Laboratorio Regional del Agua, para ser medidos algunos parámetros (DBO<sub>5</sub>, DQO, pH, TDS, Fe, Al, Ag, Pb, Cu entre otros que nos permita hacer comparaciones con ECA categoría 3), ver anexo 15, 16 y 17.

#### **f. Desarrollo de los experimentos.**

Los trabajos experimentales de coagulación y floculación con cal, han sido desarrollados siguiendo los siguientes pasos:

- **Sistema de coagulación.**
- **Sistema de sedimentación o decantación.**
- **Pruebas de Jar - Test.**

##### **f.1 Sistema de coagulación.**

Este proceso se llevó a cabo añadiendo la cal en los recipientes de muestra de 2 litros graduados en momentos previos de la agitación, con el propósito de desestabilizar las partículas coloidales en suspensión y romper los enlaces que los mantienen separados y lograr un acercamiento entre estas y lograr formar flóculos para su rápida decantación. Andía, (2000, pág. 9).

##### **f.2 Sistema de sedimentación o decantación.**

Las pruebas de sedimentación se realizaron en recipientes transparentes de 2 litros, graduados en el laboratorio instalado en Hualgayoc.

$$\% \text{ Rendimiento de sed.} = \left( \frac{\text{Sed. Inicial} - \text{Sed. Final}}{\text{Sed. Inicial}} \right) * 100$$

(Chura, Y, 2014, citado por Tejada, 2017, p.52)

### **f.3 Pruebas de Jar – test.**

La prueba de jarras es un procedimiento experimental que se utiliza generalmente en laboratorios. Este método permite realizar ajustes de pH, las variaciones de coagulante o polímero, alterando velocidades de mezclado, a pequeña escala con el fin de predecir el funcionamiento de una operación a gran escala. Una prueba de jarras simula procesos de coagulación y floculación que fomentan la eliminación de los coloides en suspensión y materia orgánica que pueda conducir problemas de turbidez, olor y sabor, Pérez, (2017, pág. 8)

### **g. Procedimiento general para prueba de jarras.**

Después de haber realizado el recojo de muestras, estas han sido conducidas hacia el laboratorio instalado para tal motivo en Hualgayoc de manera apropiada para realizar las pruebas de jar-test, ver anexos 15, los pasos que se siguió fueron los siguientes:

- a. Contar con la MSDS de la cal viva nivel usuario, ver Anexo 9.
- b. Determinar los parámetros físico-químicos básicos de la muestra tales como pH, NTU, T°, TDS, EC, los cuales sirvieron de guía para buscar la cantidad óptima de cal.
- c. Preparar y enumerar los baldes transparentes graduados y en los mismos llenar agua hasta alcanzar el volumen de 2 litros.
- d. Pesar la cal viva (0 g, 0.5 g, 0.75 g, 1 g) con estas cantidades se buscó la dosis óptima que permita adecuar el agua a tratar a los ECA categoría 3 ver anexo 18.
- e. Regular los RPM de los agitadores los cuales trabajaron a 1000 rpm, por 30 minutos para el primer agitador, 800 rpm, por 25 minutos para el segundo agitador, 600 rpm por 20 minutos para el tercero, 400 rpm por 15 minutos para el último agitador de los cuales desde luego se eligió la que mejores resultados arrojó, ver anexo 15, 16, 17.

- f. Apagado secuencial de los agitadores para poder permitir la sedimentación de los flocs formados durante el proceso de neutralización, ver anexo 17.
- g. Se dejó reposar la muestra por un lapso de media hora (30 minutos) y luego se procede a tomar una muestra para analizar parámetros como pH, TDS, NTU, CE, T°.
- h. Luego de haber obtenido la dosis óptima se repiten los procesos durante los días consecutivos.
- i. Registrar los datos obtenidos en el cuadro de registro de ensayo que se ha elaborado para tal fin, ver anexo 10.

#### **h. Plan de obtención de datos.**

Durante los trabajos de ejecución de toda la investigación se realizaron análisis de pH, TDS, NTU, CE, T°, y también se enviaron muestras a un laboratorio neutral Laboratorio Regional del Agua, de donde se obtuvieron resultados como (DBO<sub>5</sub>, DQO, pH, TDS, Fe, Al, Ag, Pb, Cu), entre otros ver tabla 4 y anexo 19 y 20.

**Tabla 4:** Métodos que se utilizó para obtención de datos.

| Nombre de la prueba | Código            | Método                        |
|---------------------|-------------------|-------------------------------|
| Turbidez            | HI 93703          | Turbidímetro                  |
| TDS                 | 6PFC <sup>E</sup> | Ultrameter II- Multiparámetro |
| Temperatura         | 6PFC <sup>E</sup> | Ultrameter II- Multiparámetro |
| pH                  | 6PFC <sup>E</sup> | Ultrameter II- Multiparámetro |
| CE                  | 6PFC <sup>E</sup> | Ultrameter II- Multiparámetro |
| Sedimentación       | Balde y jarra     | Método Gravimétrico           |

**Fuente:** Elaborada por el autor.

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

### 3.1. Información general de la zona de estudio.

La Quebrada Mesa de Plata se encuentra ubicada en el distrito de Hualgayoc, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca enclavada entre el cerro Jesús comunidad campesinas de (Pilancones), por la margen derecha, Cerro María comunidad campesina (Coimolache Bajo) por el margen izquierdo y por la cabecera, en donde se forma la microcuenca limita con el proyecto minero Cerro Corona; finalmente recorre por parte del pueblo de Hualgayoc para desembocar en el río Hualgayoc del cual es tributario, ver anexo 1, 2 y 3.

#### 1. Ubicación geográfica.

El proyecto en el cual se encuentra desarrollado este proyecto se encuentra ubicado geográficamente en las coordenadas UTM (sistema WGS 84, 17 M) como se encuentra en la tabla 5, Anexos 1, 2, 3 y 4.

**Tabla 5:** Coordenadas UTM de la Quebrada Mesa de Plata – Hualgayoc

| Puntos que limitan el estudio. | Coordenadas  |          | Altitud (msnm) | Observaciones  |
|--------------------------------|--------------|----------|----------------|--|
|                                | WGS 84 – 17M |          |                |  |
|                                | Norte (N)    | Este (E) |                |  |
| 1                              | 9252394      | 763528   | 3727           | Muestreo HSE-10 QMP, aguas arriba del punto estudio.           |
| 2                              | 9252187      | 763904   | 3631           | Punto muestreo para estudio.                                   |
| 3                              | 9251973      | 764189   | 3565           | Muestreo Q Mesa 2  |
| 4                              | 9251757      | 764603   | 3498           | Estación QMP, aguas arriba antes de confluencia río Hualgayoc. |
| 5                              | 9251799      | 764683   | 3493           | Muestreo HSE-3 Río Hualgayoc después recibir efluente QMP.     |

**Fuente:** Elaborado por el autor

## 2. Accesibilidad.

Desde Hualgayoc hacia la zona donde se realizó la investigación se llega caminando, pues se encuentra a 1 Km de distancia, esto tomando como referencia la plaza de armas de Hualgayoc, excepto de Cajamarca; ver tabla 6, ver anexo 5.

**Tabla 6:** Vías de acceso al punto de muestreo.

| Tramos                | Vía       | Distancia en (Km) | Tiempo      | Condición |
|-----------------------|-----------|-------------------|-------------|-----------|
| Lima - Cajamarca      | Terrestre | 873               | 14 h 54 min | Buena     |
| Cajamarca - Hualgayoc | Terrestre | 90                | 2 h 48 min  | Buena     |
| Hualgayoc- QMP        | Terrestre | 1                 | 5 min       | Buena     |

**Fuente:** Elaborado por el autor

### c. Precipitación fluvial.

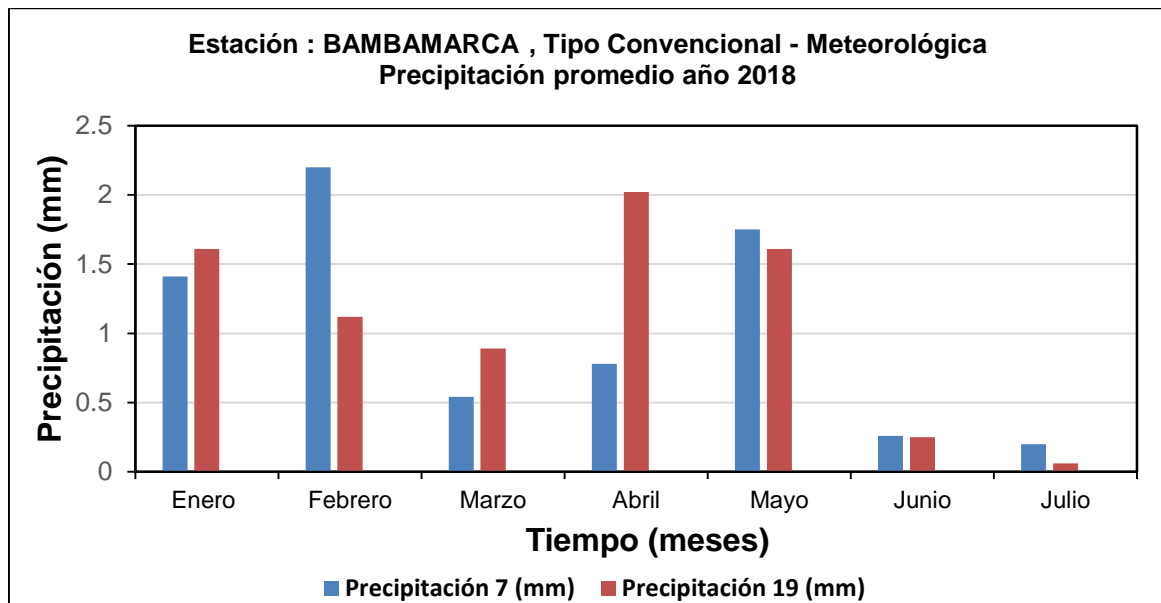
Para el análisis de la precipitación se ha tomado como referencia la estación meteorológica Bambamarca y estaciones HSE-3 y HSE-4 de los caudales puntuales del río Hualgayoc que es monitoreada por la unidad minera Gold Fields, las cuales dan referencias de las precipitaciones anuales acumuladas, pues estas estaciones almacenan información de las descargas que fluyen de esta vertiente Quebrada Mesa de Plata y Río Hualgayoc para poder medir las precipitaciones en lo que va del año 2018 ver Tabla 7 y anexo 6.

**Tabla 7:** Estación Bambamarca precipitación lo que va del año 2018.

| Estación : BAMBAMARCA , Tipo Convencional - Meteorológica Precipitación promedio año 2018 |                    |             |               |           |            |
|---|--------------------|-------------|---------------|-----------|------------|
| Departamento:   | CAJAMARCA          | Provincia:  | HUALGAYOC     | Distrito: | BAMBAMARCA |
| Latitud:  | 6° 40' 35.58"      | Longitud:   | 78° 31' 6.01" | Altitud   | 2495       |
| mes/año 2018  | Precipitación (mm) |             | Promedio      |           |            |
|   | 7                  | 19          |               |           |            |
| Enero   | 1.41               | 1.61        | 1.51          |           |            |
| Febrero   | 2.2                | 1.12        | 1.66          |           |            |
| Marzo   | 0.54               | 0.89        | 0.715         |           |            |
| Abril   | 0.78               | 2.02        | 1.4           |           |            |
| Mayo  | 1.75               | 1.61        | 1.68          |           |            |
| Junio   | 0.26               | 0.25        | 0.255         |           |            |
| Julio   | 0.2                | 0.06        | 0.13          |           |            |
| <b>Total</b>  | <b>7.14</b>        | <b>7.56</b> | <b>7.35</b>   |           |            |

**Fuente:** Elaborada por el autor.

**Figura 1:** Estación Bambamarca precipitación lo que va del año 2018.



**Fuente:** Elaborado por el autor

Como se puede apreciar en la figura 1, se observa que las precipitaciones son mayores de los meses de febrero hacia atrás (noviembre) 1.66 mm, disminuyendo las precipitaciones hacia los meses de julio hacia adelante (octubre), 0.13 mm.



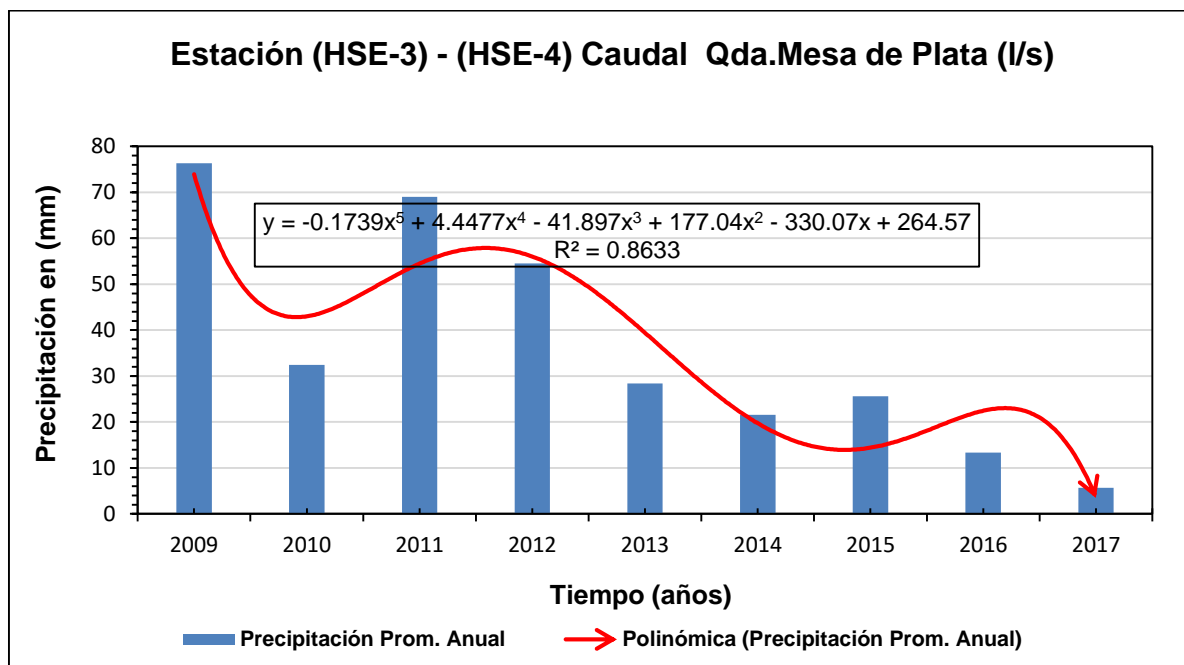
**Tabla 8:** Referencia de caudal Quebrada. Mesa de Plata estación HSE-3 y HSE-4

| Estación (HSE-3) - (HSE-4) Caudal Qda. Mesa de Plata (l/s) |      |       |       |       |       |      |      |       |      |      |       |       |             |
|--|------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|------|------|-------|-------|-------------|
| Año  | Ene  | Feb   | Mar   | Abr   | May   | Jun  | Jul  | Ago   | Sep  | Oct  | Nov   | Dic   | Prom. Anual |
| 2009   | 34.5 | 182.9 | 281.3 | 145.2 | 34.8  | 28.1 | 12.8 | 41.32 | 35.3 | 40.5 | 21.22 | 58.1  | 76          |
| 2010   | 66.9 | 47.8  | 86    | 90.7  | 2.9   | 26.1 | 13.6 | 10.8  | 6.5  | 14   | 5.2   | 19    | 32          |
| 2011   | 50.8 | 65.5  | 23.1  | 107.1 | 457.7 | 14.7 | 5.4  | 23.1  | 11.8 | 18.1 | 25.1  | 25.5  | 69          |
| 2012   | 39.9 | 100   | 302.1 | 33    | 41.9  | 16.9 | 29.6 | 8.2   | 0.1  | 9.6  | 35.4  | 37.9  | 55          |
| 2013   | 17.1 | 35.9  | 61.7  | 63.9  | 55.6  | 25.4 | 27.9 | 15.8  | 7.7  | 7.9  | 18.1  | 3.9   | 28          |
| 2014   | 9.9  | 6.5   | 100.9 | 45.7  | 26.9  | 16.9 | 11.8 | 7.1   | 5.7  | 6.7  | 15    | 5.9   | 22          |
| 2015   | 24.9 | 34.7  | 44.1  | 48.26 | 20.9  | 15.8 | 8.28 | 9.5   | 11.8 | 8.92 | 30.81 | 48.98 | 26          |
| <b>Máximo</b>  | 66.9 | 182.9 | 302.1 | 145.2 | 457.7 | 28.1 | 29.6 | 41.32 | 35.3 | 40.5 | 35.4  | 58.1  | 76.3        |
| <b>Promedio</b>  | 34.9 | 67.6  | 128.5 | 76.3  | 91.5  | 20.6 | 15.6 | 16.5  | 11.3 | 15.1 | 21.5  | 28.5  | 44.0        |
| <b>Mínimo</b>  | 9.9  | 6.5   | 23.1  | 33.0  | 2.9   | 14.7 | 5.4  | 7.1   | 0.1  | 6.7  | 5.2   | 3.9   | 21.6        |

**Fuente:** Elaborada por el autor.

En la tabla 8 se observa las precipitaciones promedio en L/s de los últimos años de las estaciones de monitoreo que maneja Gold Fields ver anexo 6.

**Figura 2:** Precipitación Estación HSE-3 – HSE-4 Quebrada Mesa de Plata.



**Fuente:** Elaborada por el autor.

En la figura 2 se observa la tendencia de las precipitaciones durante los últimos años esto demuestra la disminución de las mismas.

#### d. Temperatura.

Para caracterizar la temperatura de la Quebrada Mesa de Plata se tomó como referencia la estación meteorológica Chugur por ser ésta la estación con más proximidad hacia la zona donde se realizó el estudio como se puede apreciar se tiene una temperatura promedio durante lo que va del año 2018 de 13 °C.

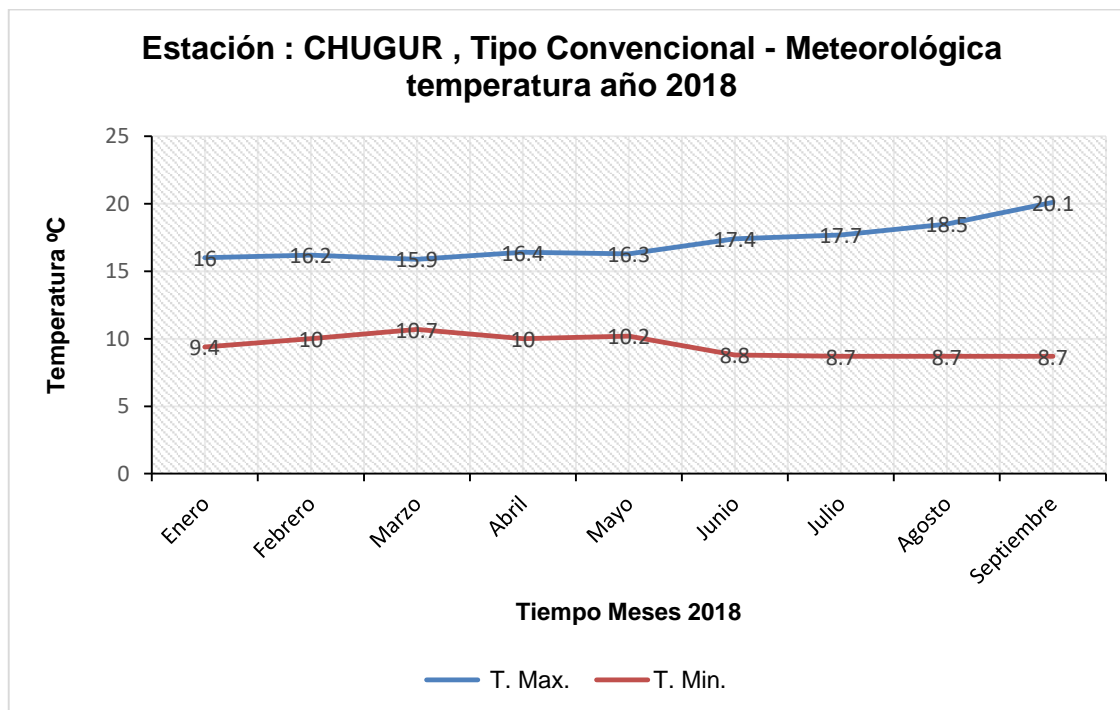
**Tabla 9:** Estación Chugur Temperatura en lo que va del año 2018.

| Estación : CHUGUR , Tipo Convencional - Meteorológica temperatura promedio año 2018 |                  |            |            |           |        |
|---|------------------|------------|------------|-----------|--------|
| Departamento:   | CAJAMARCA        | Provincia: | HUALGAYOC  | Distrito: | CHUGUR |
| Latitud:  | 6° 40' 0"        | Longitud:  | 78° 44' 0" | Altitud   | 2744   |
| mes/año 2018  | Temperatura (°c) |            | Promedio   |           |        |
|   | Max              | Min        |            |           |        |
| Enero   | 16               | 9.4        | 12.7       |           |        |
| Febrero   | 16.2             | 10         | 13.1       |           |        |
| Marzo   | 15.9             | 10.7       | 13.3       |           |        |
| Abril   | 16.4             | 10         | 13.2       |           |        |
| Mayo  | 16.3             | 10.2       | 13.25      |           |        |
| Junio   | 17.4             | 8.8        | 13.1       |           |        |
| Julio   | 17.7             | 8.7        | 13.2       |           |        |
| Agosto  | 18.5             | 8.7        | 13.6       |           |        |
| Septiembre  | 20.1             | 8.7        | 14.4       |           |        |
| <b>Total promedio</b>   |                  |            | 13         |           |        |

**Fuente:** Elaborada por el autor.

En la tabla 9 se puede ver la temperatura promedio de lo que va del presente año con un valor promedio de 13 °C.

**Figura 3:** Temperatura máxima y mínima estación meteorológica Chugur.



**Fuente:** Elaborada por el autor.

En la figura 3 se observa el incremento de la temperatura en los últimos meses del 2018 disminuyendo éste el caudal y también la temperatura del agua.

#### **e. Hidrología.**

El área hidrográfica de la microcuenca Quebrada Mesa de Plata tiene una longitud aproximada de 1.85 Km de recorrido y nace en los límites del proyecto minero Cerro Corona a 3771 msnm aproximadamente y desemboca en el río Hualgayoc a 3494 msnm; en el transcurso de su recorrido recibe afloramientos de agua de boca minas abandonadas, dentro de ellas Pozos Ricos y otros pasivos ambientales mineros que merman la calidad de los ecosistemas que conforman su formación; estos pasivos remediados pero que no han elaborado un plan de tratamiento o adecuación de aguas a los ECAs categoría 3 para bebida de animales, que están incidiendo directamente en la calidad de aguas que discurren por ésta quebrada que a la vez descarga en la

subcuenca del río Hualgayoc afectando también en la calidad de agua y esta a su vez es tributario de la cuenca del río Llaucano el cual pertenece a la vertiente del Atlántico. Ver anexo 7.

### 3.2. Resultados de objetivo 1:

**Caracterizar la calidad de las aguas con datos de campo y en laboratorio de las aguas que discurren por la Quebrada Mesa de Plata.**

**Tabla 10:** Resultados físico – Químicos.

| Parámetro                            | Unidad     | Resultados | ECA Agua D1: Riego de cultivos de tallo alto y bajo. <sup>1</sup> | ECA Agua D2: Bebida de animales. <sup>1</sup> |
|--------------------------------------|------------|------------|---|---|
| (*) Potencial de Hidrógeno (pH)      | pH         | 3.55       | 6,5 - 8,5   | 6,5 - 8,4                                     |
| Conductividad a 25°C                 | $\mu S$ cm | 1343       | 2500  | 5000  |
| Solidos Disueltos Total              | mg/L       | 1021       | **  | **  |
| Temperatura                          | °C         | 8.7        | $\Delta$ 3  | $\Delta$ 3                                    |
| (*) Dureza Total                     | mg/L       | 660.7      | **  | **  |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) | mg O /L    | 2.94       | 15  | 15  |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO)     | mg O /L    | <LCM       | 40  | 40  |

\* Resultados tomados en Laboratorio Regional del Agua. Informe de ensayo IE 0918536A. 2018; fecha de recolección 19 de setiembre 2018. Sitio de recolección Quebrada mesa de plata coordenadas N 9252187, E 763904  
<sup>1</sup> Estándar Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S N° 004-2017-MINAM, Categoría 3 – Bebida de Animales

\*\* No presenta valor en ese parámetro

**Fuente:** Elaborada por el autor.

En la tabla 10 se muestran los parámetros físico-químicos del agua situación que fue parte de la investigación de las las cuales el pH 3.55 promedio, se encuentra muy por debajo de los estándares de calidad permitidos, la Organización Mundial de la Salud, (2011), define al pH como uno de los parámetros más importantes de la calidad del agua, a la cual de debe

prestar mucha atención para garantizar la clarificación y desinfección si se opta por un tratamiento cualesquiera sea su destino al que se le dé, en lo que respecta a la temperatura como se muestra en la tabla con un valor de 9.6 Según la Organización Mundial de la Salud, (2011), considera el agua fría como un parámetro que le da el valor mas agradable para ser consumido, la temperatura repercutirá en la aceptabilidad de algunos otros componentes inorgánicos y contaminantes químicos que puedan afectar su sabor. Finalmente en éste listado de,la tabla se observa la conductividad con un valor de 1343  $\mu S/cm$  promedio y TDS con un valor de 1021 mg/L promedio, si bien es cierto para este último no hay valores para poder compararlo en D.S N° 004-2017-MINAM, Categoría 3 – Bebida de Animales; estos (Conductividad eléctrica y TDS) tienen una relación muy estrecha cuanto mayor sea la cantidad de sales disueltas en el agua , mayor será el valor de la conductividad eléctrica LENNTECH, (2017)Éste fenómeno que se genera durante los procesos de tratamiento de agua con cal se verá más adelanteual se medirá y comparará con más detalle ver anexo 21, 22.

**Tabla 11:** Resultados de parámetros inorgánicos.

| Parámetro             | Unidad      | Resultados   | ECA Agua<br>D1: Riego de<br>cultivos de<br>tallo alto y<br>bajo. <sup>1</sup> | ECA Agua<br>D2: Bebida<br>de animales. <sup>1</sup> |
|-----------------------|-------------|--------------|---|---|
| Plata (Ag)            | mg/L        | <LCM         | **  | **  |
| Aluminio (Al)         | mg/L        | 0.771        | 5   | 5   |
| Arsénico (As)         | mg/L        | 0.028        | 0.1   | 0.2   |
| Boro (B)              | mg/L        | <LCM         | 1   | 5   |
| Bario (Ba)            | mg/L        | 0.020        | 0.7   | **  |
| Berilio (Be)          | mg/L        | <LCM         | 0.1   | 0.1   |
| Bismuto (Bi)          | mg/L        | <LCM         | **  | **  |
| Calcio (Ca)           | mg/L        | 225.7        | **  | **  |
| Cadmio (Cd)           | mg/L        | 0.175        | **  | **  |
| Cobalto (Co)          | mg/L        | <LCM         | 0.05  | 1   |
| Cromo (Cr)            | mg/L        | <LCM         | 0.1   | 1   |
| Cobre (Cu)            | mg/L        | 0.055        | 0.2   | 0.5   |
| <b>Hierro (Fe)</b>    | <b>mg/L</b> | <b>6.639</b> | <b>5</b>  | <b>**</b>   |
| Potasio (K)           | mg/L        | 1.095        | **  | **  |
| Litio (Li)            | mg/L        | 0.006        | 2.5   | 2.5   |
| Magnesio (Mg)         | mg/L        | 16.54        | **  | 250   |
| <b>Manganeso (Mn)</b> | <b>mg/L</b> | <b>22.92</b> | <b>0.2</b>  | <b>0.2</b>  |
| Molibdeno (Mo)        | mg/L        | <LCM         | **  | **  |
| Sodio (Na)            | mg/L        | 2.596        | **  | **  |
| Niquel (Ni)           | mg/L        | 0.012        | 0.2   | 1   |
| Fósforo (P)           | mg/L        | <LCM         | **  | **  |
| Plomo (Pb)            | mg/L        | 0.038        | 0.05  | 0.05  |
| Azufre (S)            | mg/L        | 291.7        | **  | **  |
| Antimonio (Sb)        | mg/L        | <LCM         | **  | **  |
| Selenio (Se)          | mg/L        | <LCM         | 0.02  | 0.05  |
| Silicio (Si)          | mg/L        | 6.349        | **  | **  |
| Estroncio (Sr)        | mg/L        | 0.550        | **  | **  |
| Titanio (Ti)          | mg/L        | <LCM         | **  | **  |
| Talio (Tl)            | mg/L        | 0.024        | **  | **  |
| Uranio (U)            | mg/L        | <LCM         | **  | **  |
| Vanadio (V)           | mg/L        | 0.017        | **  | **  |
| Zinc (Zn)             | mg/L        | 46.81        | 2   | 24  |

\* Resultados tomados en Laboratorio Regional del Agua. Informe de ensayo IE 0918536A. 2018; fecha de recolección 19 de setiembre 2018. Sitio de recolección Quebrada mesa de plata coordenadas N 9252187, E 763904  
1 Estándar Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S N° 004-2017-MINAM, Categoría 3 – Bebida de Animales

\*\* No presenta valor en ese parámetro

**Fuente:** Elaborada por el autor

En el caso de los parámetros inorgánicos obtenidos los cuales se muestran en la tabla 11, algunos de ellos como Al, As, Cu, Co, Cr, entre otros cumplen con los valores establecidos

en el D.S N° 004-2017-MINAM, Categoría 3 – Bebida de Animales; pero en el caso de Hierro (Fe), se muestra un valor de 6.639 mg/L el cual se encuentra muy por encima del valor requerido la Organización Mundial de la Salud, (2011) señala que en las aguas subterráneas anaeróbicas puede haber concentraciones de hierro en concentraciones de hierro ferroso de hasta varios mg/L sin presentar manifestación alguna. Sin embargo al entrar en contacto con la atmósfera este altera la calidad física del agua pues le da un color amarillado rojizo no agradable. Por otro lado el Manganeso (Mn) evaluado y cuyo resultado se muestra en la tabla 3.2 arroja un valor significativamente alto 22.92 mg/L el cual también está lejos de los valores requeridos por el D.S N° 004-2017-MINAM, Categoría 3 – Bebida de Animales, la Organización Mundial de la Salud, (2011) señala que el manganeso presente en el agua muy por encima de los estándares establecidos (0.2 mg/L) para bebidas de animales generan en el agua sabor, olor y color indeseables, el Fe y Mn son elementos inorgánicos afines a las aguas ácidas generando con su presencia alteraciones en la calidad del agua. Finalmente el Zn (46.81) mg/L valor que desde luego se encuentra muy distante del D.S N° 004-2017-MINAM, Categoría 3 – Bebida de Animales.

Por lo analizado resultados de los análisis de la muestra de agua ácida que se presencia la alta concentración de metales pesados y un valor bajo de pH, diremos entonces que es necesario aplicar un tratamiento previo de las aguas para adecuarlo a los estándares de calidad de agua y poderle dar otros usos como los de riego y bebida de animales.

### 3.3. Resultados de objetivo 2:

#### Evaluar la influencia de la cantidad de dosificación de la cal (CaO) en el tratamiento de las aguas ácidas de la Quebrada Mesa de Plata.

El reactivo que se usó para este proyecto fue la cal viva, del cual se ha determinado el (%) de la pureza de la misma en el laboratorio de control de calidad de SGS-Gold Fields. Ver anexo 23.

**Tabla 12:** Resultados de cal útil usada en los experimentos.

| Análisis de cal óptima. |         |      |               |                   |                     |                             |                                      |                                 |                         |
|-------------------------|---------|------|---------------|-------------------|---------------------|-----------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| Fecha: 04/09/2018       |         |      |               |                   | Hora: 05:40 p.m.    |                             |                                      |                                 |                         |
| item                    | Cuid    | Tipo | identidad     | Identidad externa | Cal óptima % lq (1) | Duplicado de CaO % lq(0.01) | Resultado de muestra CaO % lq (0.01) | Volumen del titulante ml lq (0) | Peso de muestra g lq(0) |
| 1                       | 2000197 | UNK  | CC1804835.001 | EL ZASAL AVM-801  | 85.19263946         |                             | 85.19263946                          | 85.28                           | 2.8012                  |

Resultados emitidos por laboratorio SGS Gold Fields la Cima.

**Fuente:** Elaborada por el autor.

En la tabla 12 se aprecia en el espacio resaltado el % de cal útil es 85.

**Tabla 13:** Resultados de muestra agua ácida tomados en campo para muestra cero.

| Muestra Punto 2 | 08/09/2018 | 09/09/2018 | 10/09/2018 | 13/09/2018 | 14/09/2018 | 15/09/2018 | 16/09/2018 | 17/09/2018 | 18/09/2018 | 19/09/2018 | Promedio pH antes | Promedio T° | Promedio Conductividad | Promedio TDS | Promedio NTU |
|-----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------------|-------------|------------------------|--------------|--------------|
| <b>PH</b>       | 3.19       | 3.21       | 3.33       | 3.8        | 3.11       | 3.71       | 3.15       | 3.65       | 3.45       | 4.91       | 3.55              |             |                        |              |              |
| <b>T°</b>       | 8.7        | 5.2        | 6.3        | 7.3        | 7.5        | 11.2       | 11.8       | 11.3       | 8.2        | 9.6        |                   | 8.7         |                        |              |              |
| <b>Ec</b>       | 1423       | 1435       | 1384       | 1319       | 1366       | 1219       | 1321       | 1410       | 1231       | 1317       |                   |             | 1343                   |              |              |
| <b>NTU</b>      | 13.3       | 14.17      | 14.88      | 10.89      | 9.51       | 14.9       | 10.63      | 9.8        | 15.12      | 10.59      |                   |             |                        | 12.37        |              |
| <b>TDS</b>      | 1036       | 1044       | 1007       | 1119       | 1105       | 972        | 1054       | 1080       | 990.3      | 955.1      |                   |             |                        |              | 1036.2       |

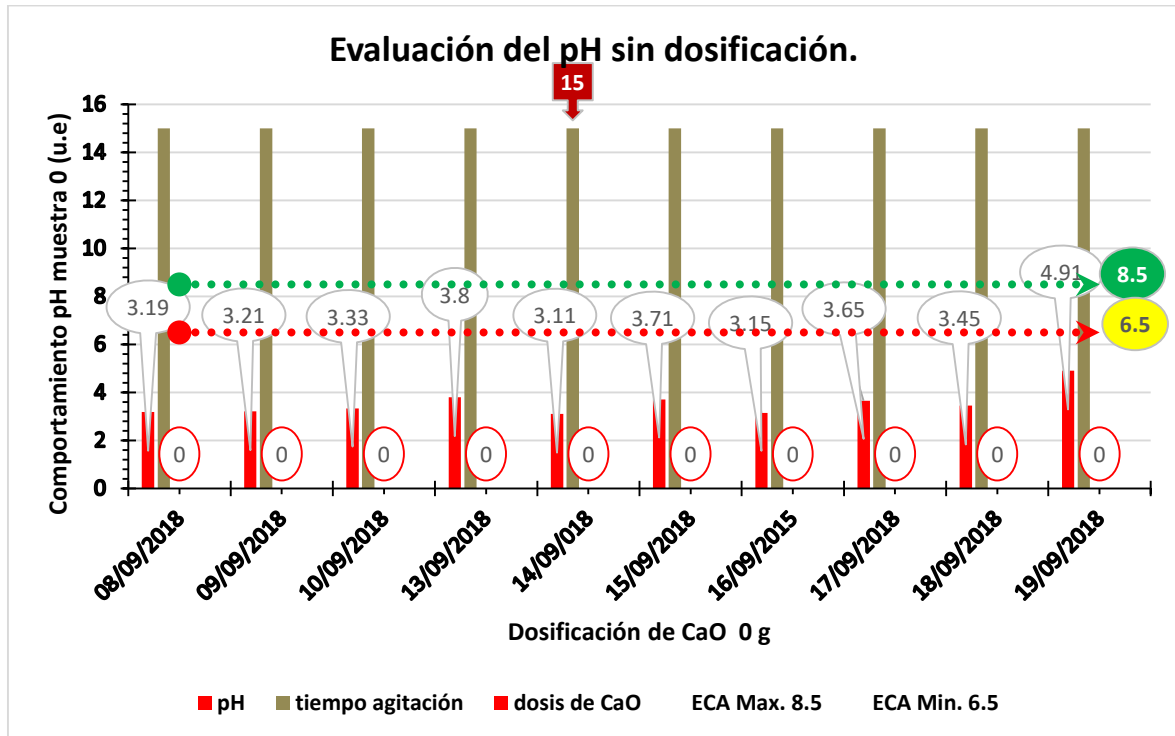
-Datos de campo tomados en Gold Field, Laboratorio Planta tratamiento de agua Coimolache por empresa Escorpión SRL.

**Fuente:** Elaborada por el autor.



La tabla 13 muestra los datos de campo obtenidos durante los días en lo que respecta al agua natural o fuente de muestreo con la cual se realizaron los experimentos en ésta se muestra se aprecia valores de pH en promedio de 3.55 (u.e) con valores muy por debajo de los valores aceptables, Turbidez se muestra valores altos en un promedio de 12.37 NTU, la Organización Mundial de la Salud, (2011) define a la turbiedad como a la pérdida de la claridad del agua provocada por las partículas en suspensión y precipitados químicos como Hierro y Manganeseo generados por la mala calidad de la fuente de agua o por mal tratamiento o falta de este; La Conductividad eléctrica (uS /cm) con un promedio de 1343, T° (°C) con un promedio de 8.7 °C, y TDS con un promedio de 1036.2, si bien no tiene valores en el D.S N° 004-2017-MINAM, Categoría 3 – Bebida de Animales para compararlo líneas abajo veremos la importancia de su medición como parámetro de campo y de su consideración LENNTECH, (2017) sostiene que el término TDS describe la cantidad de sólidos disueltos en el agua la cual tiene una relación directa con la conductividad eléctrica pues a mayor cantidad de TDS, mayor será el valor de la Conductividad eléctrica.

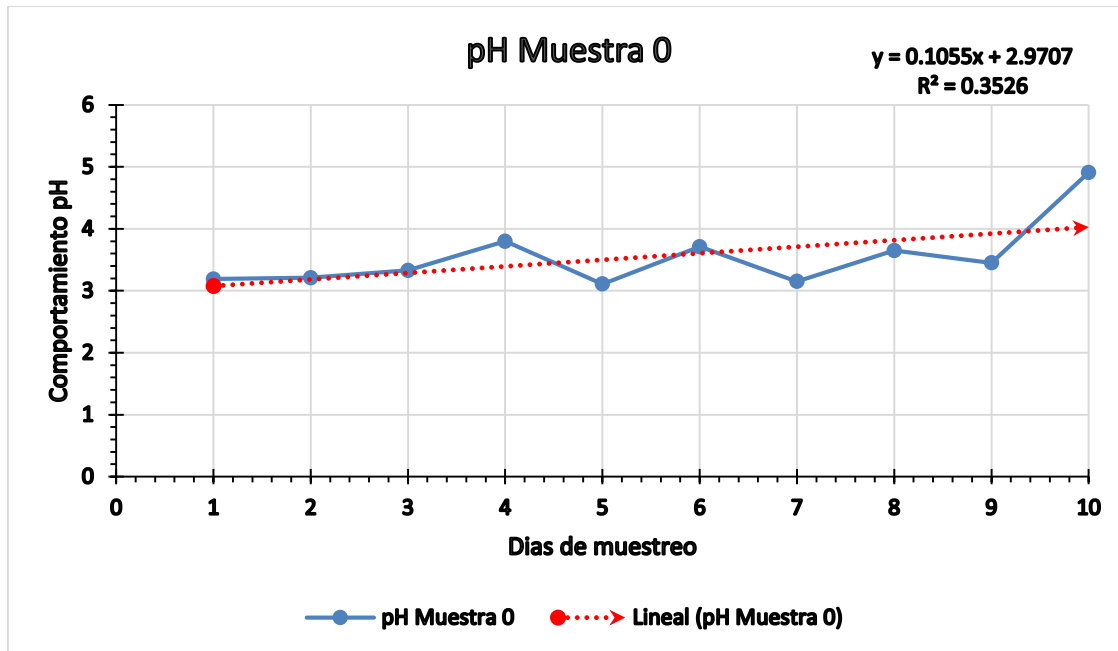
**Figura 4:** Datos de campo y muestra cero.



**Fuente:** Elaborada por el autor.

En la figura 4 se aprecia el comportamiento de la calidad de agua durante las fechas de muestreo en lo que respecta al pH los cuales durante los 10 días que han sido monitoreadas agitadas por 15 minutos a 400 RPM, y reposadas por 30 minutos no han logrado llegar siquiera a los límites mínimos establecidos en el D.S N° 004-2017-MINAM, Categoría 3 – Bebida de Animales. Esto demostró a criterio que dichas aguas requerían la adición de un reactivo para lograr el objetivo de determinar la influencia de la dosificación de cal en el tratamiento de agua ácida quebrada mesa de plata.

**Figura 5:** Representación de la confiabilidad de la línea de tendencia y coeficiente de determinación en lo que respecta al pH muestra tomada en campo.



**Fuente:** Elaborada por el autor.

En la figura 5 se aprecia la línea de tendencia y el coeficiente de determinación con un valor de 0.3526 la cual se interpreta como un valor de muy poca confiabilidad para ser estimada como un valor bueno en lo que respecta al pH.

**Tabla 14:** Resultados datos de Laboratorio dosificación 0.5 g.

| Experimento 0.5 g | 08/09/2018 | 09/09/2018 | 10/09/2018 | 13/09/2018 | 14/09/2018 | 15/09/2018 | 16/09/2018 | 17/09/2018 | 18/09/2018 | 19/09/2018 | Promedio pH | Promedio T° | Promedio Conductividad | Promedio TDS | Promedio NTU |
|-------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|------------------------|--------------|--------------|
| PH                | 6.73       | 7.49       | 7.18       | 7.02       | 7.35       | 7.26       | 7.06       | 7.45       | 7.6        | 6.9        | 7.204       |             |                        |              |              |
| T°                | 11.3       | 11.5       | 11.7       | 10.5       | 15.6       | 12.3       | 9.1        | 12.2       | 11.3       | 11.9       |             | 11.74       |                        |              |              |
| Ec                | 1278       | 1272       | 1278       | 1275       | 1176       | 1273       | 1253       | 1273       | 1225       | 1254       |             |             | 1255.7                 |              |              |
| NTU               | 2.06       | 1.17       | 1.83       | 1.2        | 1.54       | 0.19       | 1.53       | 1.4        | 1.1        | 1.3        |             |             |                        | 1.332        |              |
| TDS               | 901        | 919.4      | 921.8      | 922.8      | 928.5      | 922.7      | 910.2      | 909        | 938.2      | 921.4      |             |             |                        |              | 919.5        |

-Datos de campo tomados en Gold Field, Laboratorio Planta tratamiento de agua Coimolache por empresa Escorpión SRL.

**Fuente:** Elaborada por el autor

En la tabla 14 se puede observar la influencia que tiene la muestra con la dosificación de 0.5 g, ésta muestra como se aprecia después de haber sido manipulada con una dosificación de 0.5 g, 20 minutos de agitación a 600 RPM y 30 minutos de reposo; también cumple con los valores para con el D.S N° 004-2017-MINAM, Categoría 3 – Bebida de Animales, en lo que respecta parámetros físico-químicos pero para nuestras experimentos nos inclinamos por los resultados de las dosificaciones de 0.75 g.

**Tabla 15:** Resultados datos de Laboratorio dosificación 0.75 g.

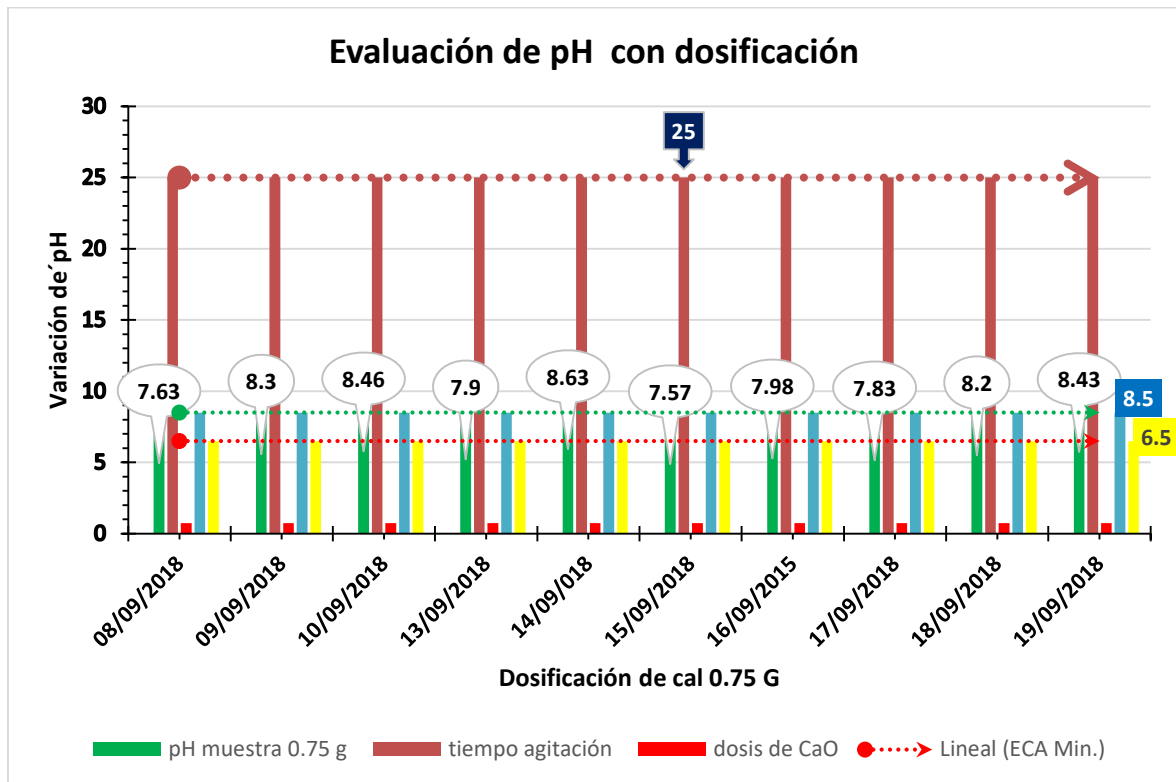
| experimento 0.75 g | 08/09/2018 | 09/09/2018 | 10/09/2018 | 13/09/2018 | 14/09/2018 | 15/09/2018 | 16/09/2018 | 17/09/2018 | 18/09/2018 | 19/09/2018 | Promedio pH | Promedio T° | Promedio Conductividad | Promedio TDS | Promedio NTU |
|--------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|------------------------|--------------|--------------|
| <b>PH</b>          | 7.63       | 8.3        | 8.46       | 7.9        | 8.63       | 7.57       | 7.98       | 7.83       | 8.2        | 8.43       | 8.093       |             |                        |              |              |
| <b>T°</b>          | 10.4       | 11         | 10.8       | 17.2       | 17.1       | 12.2       | 8.2        | 11.5       | 9.2        | 11.6       |             | 11.92       |                        |              |              |
| <b>Ec</b>          | 1236       | 1272       | 1272       | 1192       | 1180       | 1306       | 1250       | 1349       | 1372       | 1339       |             |             | 1276.8                 |              |              |
| <b>NTU</b>         | 0.73       | 1.63       | 0.68       | 0.92       | 1.16       | 0          | 1.14       | 0.58       | 1.3        | 0.92       |             |             |                        | 1.052        |              |
| <b>TDS</b>         | 896.2      | 940.3      | 921.4      | 938.4      | 941.4      | 941.4      | 909.3      | 871.0      | 829        | 831        |             |             |                        |              | 901.94       |

-Datos de campo tomados en Gold Field, Laboratorio Planta tratamiento de agua Coimolache por empresa Escorpión SRL.

**Fuente:** Elaborada por el autor.

Para la investigación que se realizó se tomó como cal óptima para nuestros ensayos la dosificación 0.75 g, 25 minutos agitación a 800 RPM y 30 minutos de reposo, pues como se aprecia en la tabla 3.5 durante los 10 días que se hizo los muestreos nos ha reportado los mejores resultados en temas de pH promedio de 8.08 u.e, T° promedio 11.92 °C, Conductividad eléctrica promedio 1243.2 uS /cm, Turbiedad promedio 0.906 NTU, TDS promedio 901.94 mg/L tal como se muestra en la tabla 15.

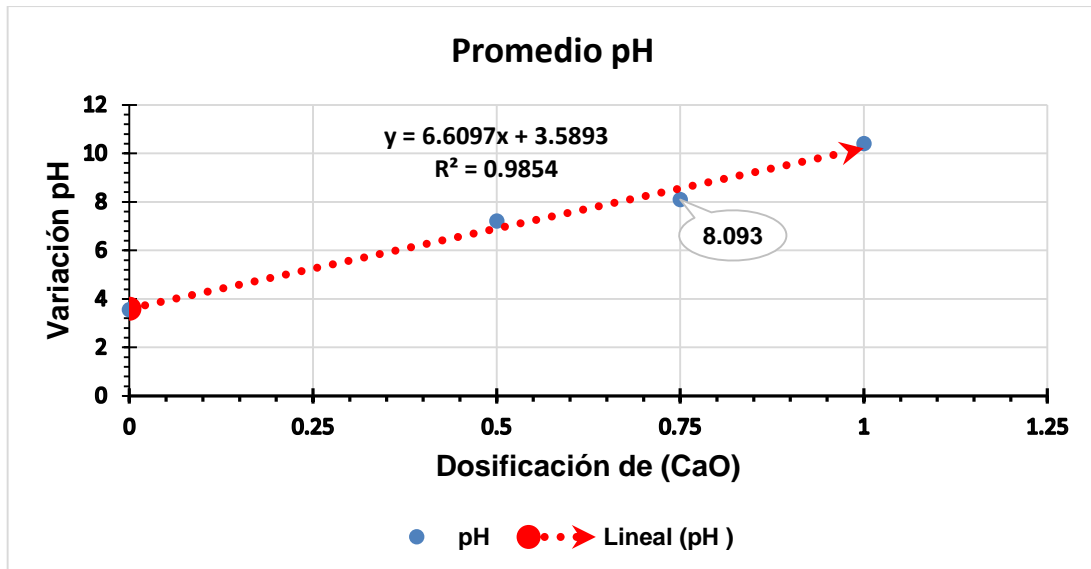
**Figura 6:** Representación del comportamiento del pH después de la dosificación.



**Fuente:** Elaborada por el autor.

En la figura 6 se puede apreciar el comportamiento del pH después de la dosificación 0.75 g de CaO, 20 minutos de agitación y 30 minutos de reposo se aprecia los valores con respecto al pH dentro de los parámetros del D.S N° 004-2017-MINAM, Categoría 3 – Bebida de Animales por lo que se puede leer del gráfico el CaO es un excelente neutralizante.

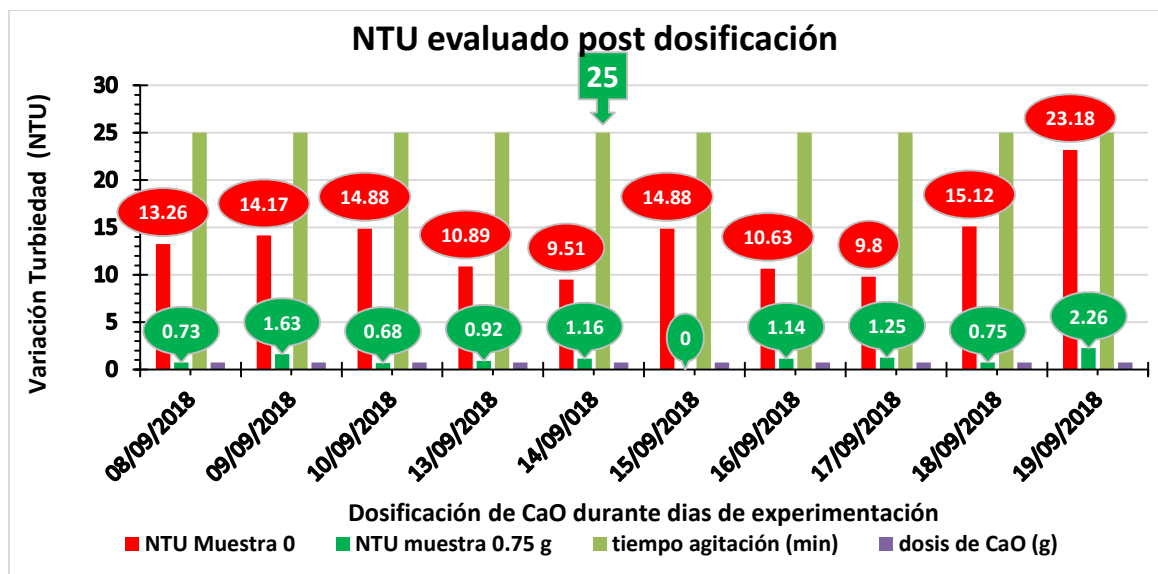
**Figura 7:** Representación de la confiabilidad de la línea de tendencia y coeficiente de determinación en lo que respecta al pH muestra tomada en laboratorio post dosificación.



**Fuente:** Elaborada por el autor.

En la figura 7 se puede apreciar el coeficiente de determinación con un valor de 0.9854 que nos da una confianza para poder decir que la dosificación es la óptima.

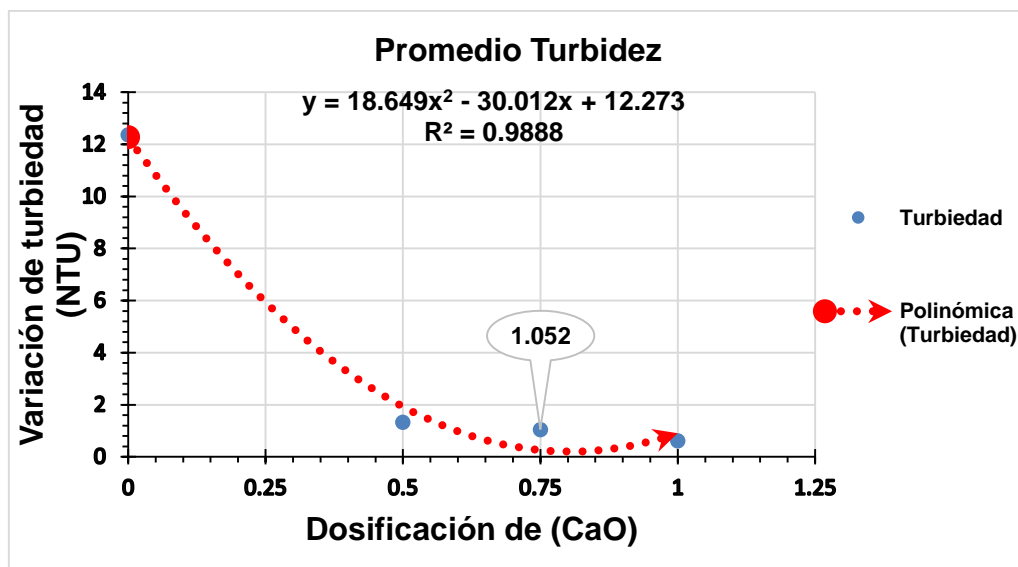
**Figura 8:** Representación de variación de NTU.



**Fuente:** Elaborada por el autor.

En la figura 8 podemos apreciar el comportamiento de la turbidez después de los experimentos como descende bruscamente tras dosificar 0.75 g de CaO, 25 minutos de agitación a 800 RPM y 30 minutos de reposo demostrando así que el CaO como floculante y sedimentador es efectivo.

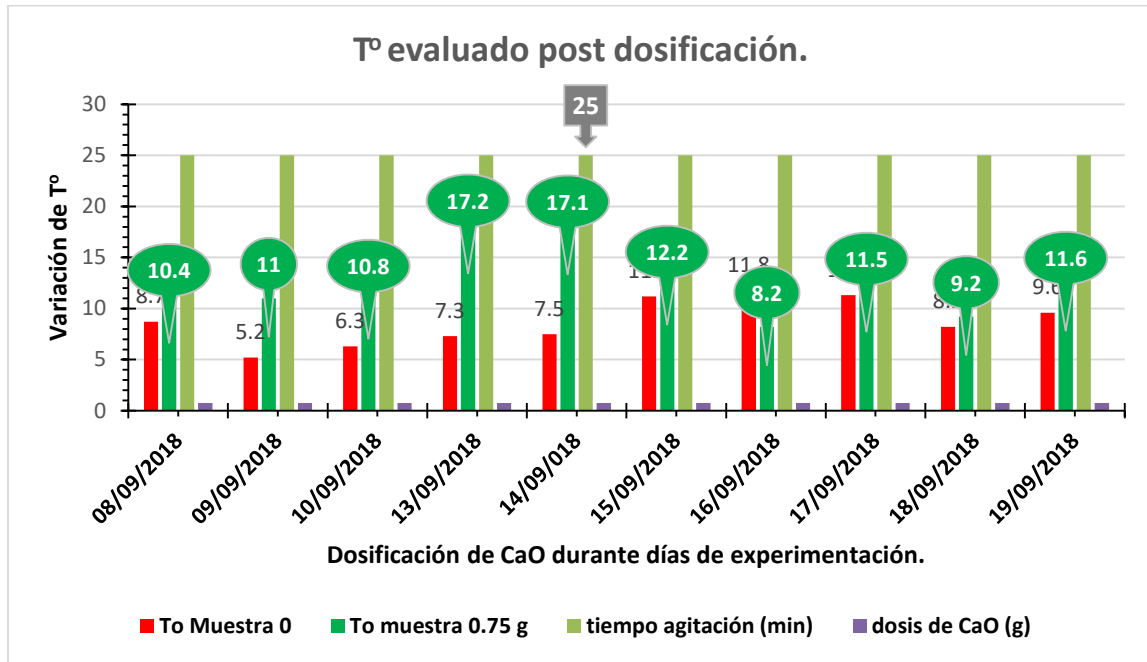
**Figura 9:** Representación de la confiabilidad de la línea de tendencia y coeficiente de determinación en lo que respecta a la turbiedad muestra tomada en campo post dosificación.



**Fuente:** Elaborada por el autor.

En la figura 9 se muestra el coeficiente de determinación con un valor cercano a uno lo que representa que la dosificación es la óptima con respecto a la floculación y decantación de los flocs generados.

**Figura 10:** Representación de la temperatura.

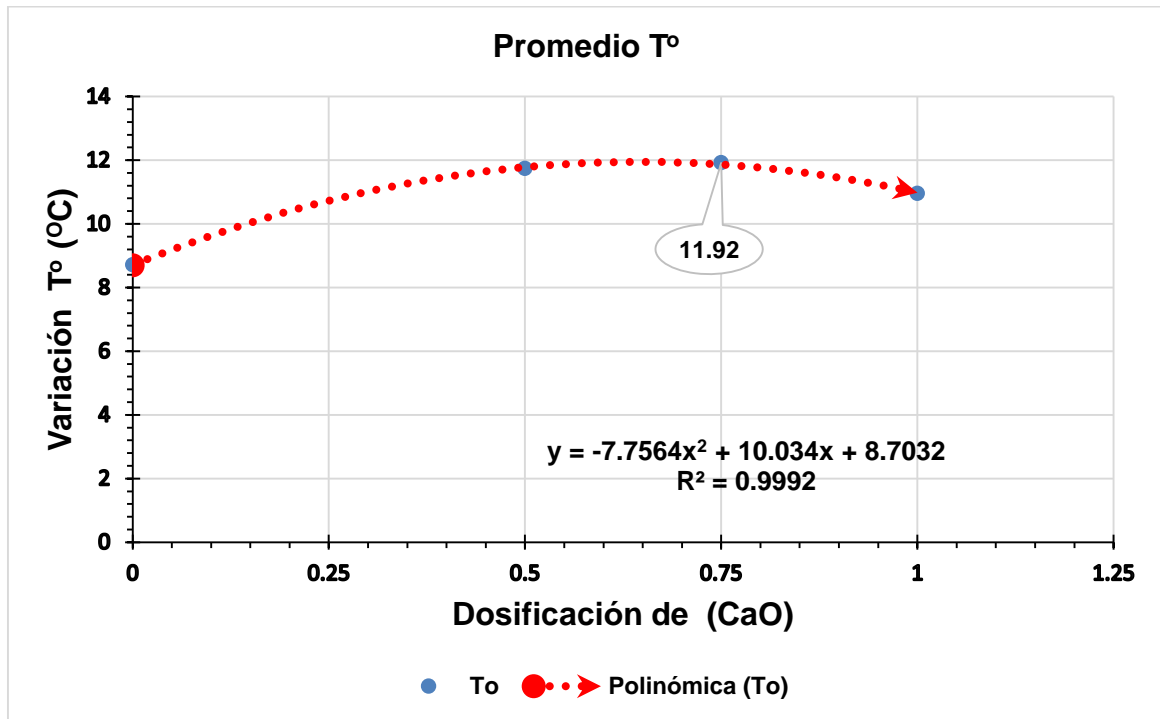


**Fuente:** Elaborada por el autor.

En la figura 10 se muestra un ascenso considerable de los valores de la temperatura a comparación de la inicial mostrada en color rojo, factor que juega un papel importantísimo para lograr una rápida coagulación y posterior floculación de los sólidos generados durante los experimentos.



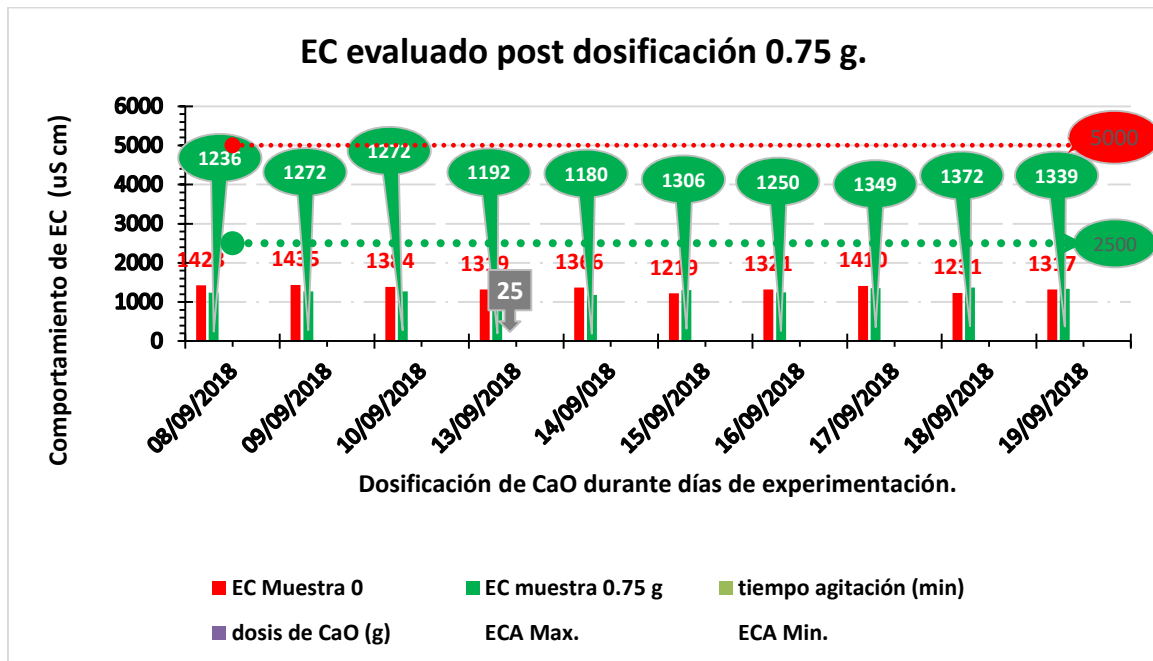
**Figura 11:** Representación de la confiabilidad de la línea de tendencia y coeficiente de determinación en lo que respecta a la temperatura de muestra tomada en campo post dosificación.



**Fuente:** Elaborada por el autor.

La figura 11 muestra la confiabilidad del coeficiente de determinación con valor cercano a 1 lo que significa una subida de temperatura permitiendo variar determinados parámetros pues el CaO genera una reacción exotérmica esto permite que la reacción redox sea más rápida.

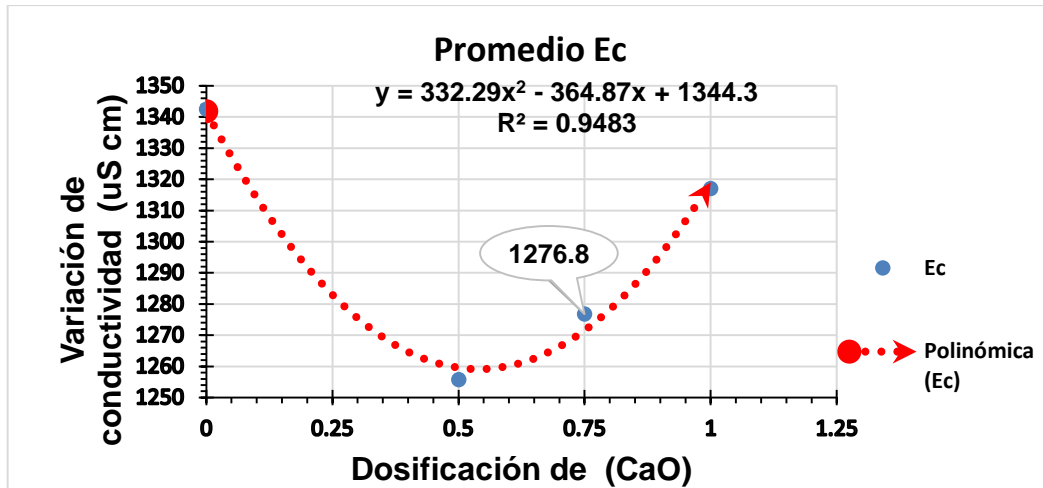
**Figura 12:** Representación de la conductividad eléctrica.



**Fuente:** Elaborada por el autor.

En la figura 12 muestra la reducción de la conductividad Eléctrica significativa, a pesar de que en algunos días se muestra un ligero incremento (días 15, 18 y 19) estos se encuentran dentro de los LMP según D.S N° 004-2017-MINAM, Categoría 3 – Bebida de Animales se demuestra además de ello una reducción de estos valores tras dosificación de CaO.

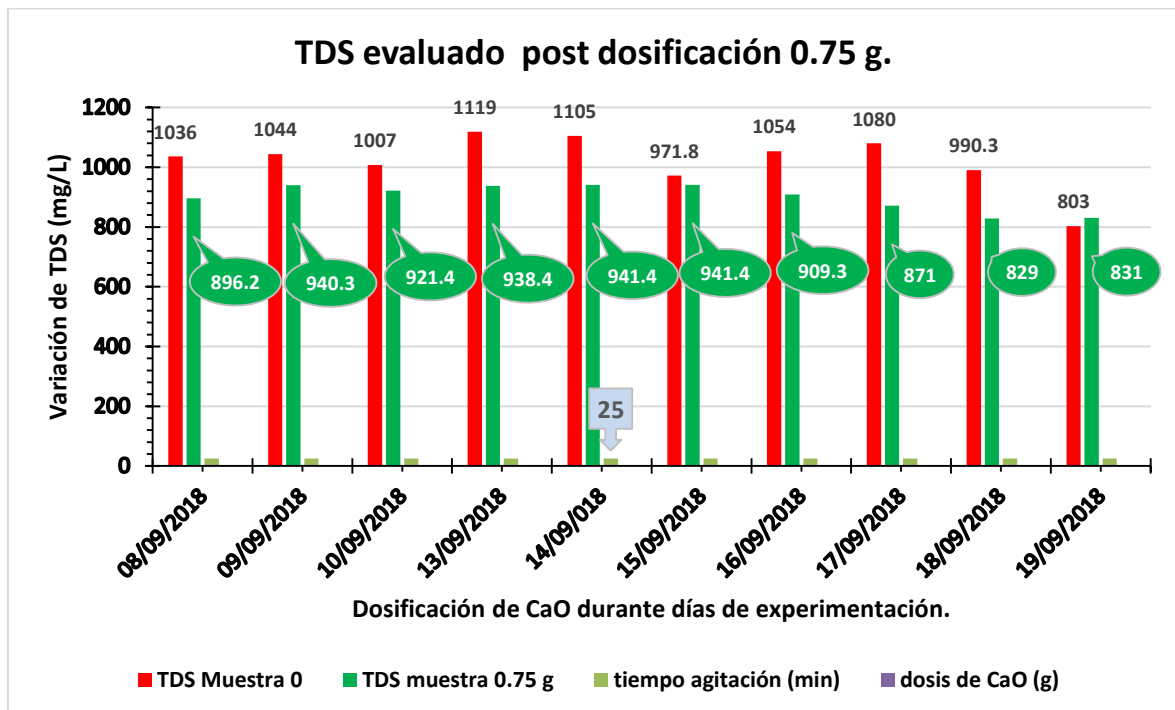
**Figura 13:** Representación de la confiabilidad de la línea de tendencia y coeficiente de determinación en lo que respecta a la conductividad eléctrica de muestra tomada en campo post dosificación.



**Fuente:** Elaborada por el autor.

Se muestra en la figura 13 una confiabilidad del coeficiente de determinación con un valor de 0.9483 lo cual demuestra que la dosificación 0.75 g de CaO es efectiva.

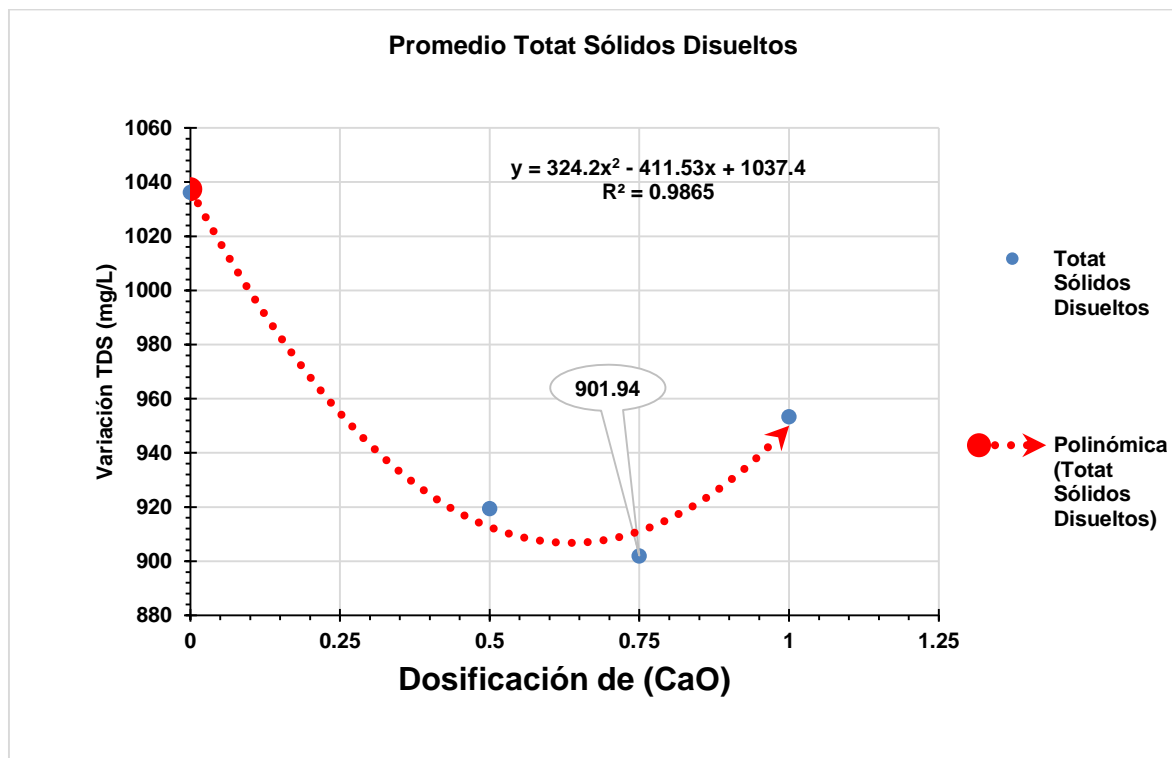
**Figura 14:** Representación total sólidos disueltos.



**Fuente:** Elaborada por el autor.

En la figura 14 se puede apreciar el descenso de los TDS el descenso es significativo, pues estos valores con un filtrado convencional por medio de filtros o grava disminuiría mucho más.

**Figura 15:** Representación de la confiabilidad de la línea de tendencia y coeficiente de determinación en lo que respecta a los TDS de muestra tomada en campo post dosificación.



**Fuente:** Elaborada por el autor.

En la figura 15 se puede ver una confiabilidad del coeficiente de determinación con un valor de 0.9865, lo cual demuestra que la dosificación 0.75 g de CaO es efectiva.

**Tabla 16:** Resultados datos de Laboratorio dosificación 1 g.

| Experimento 1 g | 08/09/2018 | 09/09/2018 | 10/09/2018 | 13/09/2018 | 14/09/2018 | 15/09/2018 | 16/09/2018 | 17/09/2018 | 18/09/2018 | 19/09/2018 | Promedio pH | Promedio T° | Promedio Conductividad | Promedio TDS | Promedio NTU |
|-----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|------------------------|--------------|--------------|
| <b>PH</b>       | 10.66      | 10.2       | 11.54      | 9.1        | 9.95       | 10.43      | 10.58      | 10.78      | 10.77      | 9.93       | 10.394      |             |                        |              |              |
| <b>T°</b>       | 10.5       | 12.2       | 11.4       | 11.7       | 11.7       | 9.8        | 9.4        | 9          | 11.7       | 12.2       |             | 10.96       |                        |              |              |
| <b>Ec</b>       | 1487       | 1337       | 1549       | 1188       | 1151       | 1294       | 1294       | 1272       | 1319       | 1280       |             |             | 1199.49                |              |              |
| <b>NTU</b>      | 0          | 0.48       | 0          | 0.91       | 0          | 1.67       | 1.02       | 1.63       | 0.33       | 0.08       |             |             |                        | 0.612        |              |
| <b>TDS</b>      | 1081       | 964.8      | 1126       | 857.1      | 827.7      | 938.1      | 940.3      | 926.2      | 950.7      | 922.7      |             |             |                        |              | 953.46       |

-Datos de campo tomados en Gold Field, Laboratorio Planta tratamiento de agua Coimolache por empresa Escorpión SRL.

**Fuente:** Elaborada por el autor.

La tabla 16 contiene datos post dosificación de 1 g de CaO, estas muestras se agitaron a 1000 RPM, por 30 minutos y se dejó reposar 30 minutos; como se ve los datos promedio del pH están significativamente muy por encima de los parámetros establecidos en D.S N° 004-2017-MINAM, Categoría 3 – Bebida de Animales cuyo valor promedio es de 10.394 u.e mientras que los LMP para esta categoría es de 8.4. u.e para bebida de animales y 8.5 u.e para riego de cultivos tallo alto y bajo.

### 3.4. Resultados de objetivo 3:

**Comparar la influencia de la neutralización con cal (CaO) en los ECAs categoría 3 para bebida de animales de las aguas tratadas de la Quebrada Mesa de Plata.**

**Tabla 17:** Comparación de parámetros físico-químicos obtenidos de muestras sin tratar y muestra tratada con los ECA 2017 y LMP 2010.

| Parámetro   | Unidad  | Muestra sin tratar M:001 - A | Promedio Muestra tratada con CaO LAB | ECA Agua D1: Riego de cultivos de tallo alto y bajo. <sup>1</sup> | ECA Agua D2: Bebida de animales. <sup>1</sup> | LMP's <sup>2</sup> |
|---|---------|------------------------------|--------------------------------------|---|---|--------------------|
| (*) Potencial de Hidrógeno (pH)                   | pH      | 3.55                         | 8.14                                 | 6,5 - 8,5   | 6,5 - 8,4                                     | 6 - 9              |
| Conductividad a 25°C                              | µS cm   | 1343                         | 1353.33                              | 2500  | 5000  | **                 |
| Solidos Disueltos Total                           | mg/L    | 1021                         | 843.67                               | **  | **  | 50                 |
| Temperatura                                       | °C      | 8.7                          | 10.77                                | Δ 3   | Δ 3   | **                 |
| (*) Dureza Total                                  | mg/L    | 660.7                        | 1113.0                               | **  | **  | **                 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ) | mg O /L | 2.94                         | <LCM                                 | 15  | 15  | **                 |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO)                  | mg O /L | <LCM                         | <LCM                                 | 40  | 40  | **                 |

<sup>1</sup> Estándar Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S N° 004-2017-MINAM, Categoría 3 – Bebida de Animales  
\*\* No presenta valor en ese parámetro

<sup>2</sup> Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero-metalúrgicas D.S N° 010-2010-MINAM, Limite en cualquier momento

**Fuente:** Elaborada por el autor.

En la tabla 17 se muestra la comparación de los parámetros físico-químicos con los estándares de calidad en temas de agua D.S N° 004-2017-MINAM, Categoría 3 – Bebida de Animales y D.S N° 010-2010-MINAM, Limite en cualquier momento en ésta se puede ver como el pH de 3.55 u.e pasa a un valor promedio de 8.14 u.e la cual demuestra una efectiva elección de la dosificación de CaO, de la misma manera se puede apreciar con los demás parámetros como T°, Ec, DBO<sub>5</sub>, DQO, Dureza total, como se puede apreciar estos parámetros se encuentran dentro de los valores establecidos por estas normas.

**Tabla 18:** Resultados de parámetros inorgánicos emitidos por el Laboratorio Regional del Agua.

| Parámetro      | Unidad | Muestra sin<br>tratar<br>M:001<br>- A | Promedio<br>Muestra tratada<br>con CaO LAB | ECA Agua D1:<br>Riego de<br>cultivos de tallo<br>alto y bajo. <sup>1</sup> | ECA Agua D2:<br>Bebida de<br>animales. <sup>1</sup> |
|----------------|--------|---------------------------------------|--|--|---|
| Plata (Ag)     | mg/L   | <LCM                                  | <LCM                                       | **   | **  |
| Aluminio (Al)  | mg/L   | 0.771                                 | 0.084                                      | 5  | 5   |
| Arsénico (As)  | mg/L   | 0.028                                 | 0.008                                      | 0.1  | 0.2   |
| Boro (B)       | mg/L   | <LCM                                  | <LCM                                       | 1  | 5   |
| Bario (Ba)     | mg/L   | 0.020                                 | 0.021                                      | 0.7  | **  |
| Berilio (Be)   | mg/L   | <LCM                                  | <LCM                                       | 0.1  | 0.1   |
| Bismuto (Bi)   | mg/L   | <LCM                                  | <LCM                                       | **   | **  |
| Calcio (Ca)    | mg/L   | 225.7                                 | 375.633                                    | **   | **  |
| Cadmio (Cd)    | mg/L   | 0.175                                 | 0.003                                      | **   | **  |
| Cobalto (Co)   | mg/L   | <LCM                                  | <LCM                                       | 0.05   | 1   |
| Cromo (Cr)     | mg/L   | <LCM                                  | <LCM                                       | 0.1  | 1   |
| Cobre (Cu)     | mg/L   | 0.055                                 | <LCM                                       | 0.2  | 0.5   |
| Hierro (Fe)    | mg/L   | 6.639                                 | 0.068                                      | 5  | **  |
| Potasio (K)    | mg/L   | 1.095                                 | 0.996                                      | **   | **  |
| Litio (Li)     | mg/L   | 0.006                                 | 0.008                                      | 2.5  | 2.5   |
| Magnesio (Mg)  | mg/L   | 16.54                                 | 2.089                                      | **   | 250   |
| Manganeso (Mn) | mg/L   | 22.92                                 | 0.150                                      | 0.2  | 0.2   |
| Molibdeno (Mo) | mg/L   | <LCM                                  | <LCM                                       | **   | **  |
| Sodio (Na)     | mg/L   | 2.596                                 | 2.239                                      | **   | **  |
| Niquel (Ni)    | mg/L   | 0.012                                 | <LCM                                       | 0.2  | 1   |
| Fósforo (P)    | mg/L   | <LCM                                  | <LCM                                       | **   | **  |
| Plomo (Pb)     | mg/L   | 0.038                                 | 0.004                                      | 0.05   | 0.05  |
| Azufre (S)     | mg/L   | 291.7                                 | 292.000                                    | **   | **  |
| Antimonio (Sb) | mg/L   | <LCM                                  | <LCM                                       | **   | **  |
| Selenio (Se)   | mg/L   | <LCM                                  | <LCM                                       | 0.02   | 0.05  |
| Silicio (Si)   | mg/L   | 6.349                                 | 0.815                                      | **   | **  |
| Estroncio (Sr) | mg/L   | 0.550                                 | 0.728                                      | **   | **  |
| Titanio (Ti)   | mg/L   | <LCM                                  | <LCM                                       | **   | **  |
| Talio (Tl)     | mg/L   | 0.024                                 | 0.010                                      | **   | **  |
| Uranio (U)     | mg/L   | <LCM                                  | <LCM                                       | **   | **  |
| Vanadio (V)    | mg/L   | 0.017                                 | <LCM                                       | **   | **  |
| Zinc (Zn)      | mg/L   | 46.81                                 | 0.973                                      | 2  | 24  |

\* Resultados tomados en Laboratorio Regional del Agua. Informe de ensayo IE 0918536A. 2018; fecha de recolección 19 de setiembre 2018. Sitio de recolección Quebrada mesa de plata coordenadas N 9252187, E 763904

**Fuente:** Elaborada por el autor.

En la tabla 18 se puede apreciar los resultados emitidos por el laboratorio regional del agua, tanto en muestra natural como las tres muestras tratadas en el laboratorio con una dosificación de 0.75 g de CaO ver anexo 21.

**Tabla 19:** Comparación de los parámetros inorgánicos con ECA categoría 3.

| Clave  | Concentración (mg/l) |        |       |      |       |      |      |         |
|--|----------------------|--------|-------|------|-------|------|------|---------|
|  | Ag                   | Al     | As    | B    | Ba    | Be   | Bi   | Ca      |
| Agua sin Tratar  | <LCM                 | 0.771  | 0.028 | <LCM | 0.020 | <LCM | <LCM | 225.7   |
| Agua Tratada con CaO                                   | <LCM                 | 0.0835 | 0.008 | <LCM | 0.021 | <LCM | <LCM | 375.633 |
| ECA Riego de cultivo de tallo alto y bajo <sup>1</sup> | **                   | 5      | 0.1   | 1    | 0.7   | 0.1  | **   | **      |
| ECA Bebida de animales. <sup>2</sup>                   | **                   | 5      | 0.2   | 5    | **    | 0.1  | **   | **      |

<sup>1</sup> Estándar Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S N° 004-2017-MINAM, Categoría 3 – Cultivo de tallo alto y bajo.

<sup>2</sup> Estándar Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S N° 004-2017-MINAM, Categoría 3 – Bebida de Animales

\*\* No presenta valor en ese parámetro

**Fuente:** Elaborada por el autor.

En la tabla 19 en la zona resaltada de amarillo se aprecia el incremento del Ca de 225.7 mg/L a 375.663, es producto de la dosificación de CaO, pero en el ECA no hay valor ni mínimo ni máximo que pudiera determinar otro concepto sobre esta.

**Tabla 20:** Comparación de los parámetros inorgánicos con ECA categoría 3.

| Clave  | Concentración (mg/l) |      |      |       |       |       |       |       |
|--|----------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
|  | Cd                   | Co   | Cr   | Cu    | Fe    | K     | Li    | Mg    |
| Agua sin Tratar  | 0.175                | <LCM | <LCM | 0.055 | 6.639 | 1.095 | 0.006 | 16.54 |
| Agua Tratada con CaO                                   | 0.003                | <LCM | <LCM | <LCM  | 0.068 | 0.996 | 0.008 | 2.089 |
| ECA Riego de cultivo de tallo alto y bajo <sup>1</sup> | **                   | 0.05 | 0.1  | 0.2   | 5     | **    | 2.5   | **    |
| ECA Bebida de animales. <sup>2</sup>                   | **                   | 1    | 1    | 0.5   | **    | **    | 2.5   | 250   |

<sup>1</sup> Estándar Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S N° 004-2017-MINAM, Categoría 3 – Cultivo de tallo alto y bajo.

<sup>2</sup> Estándar Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S N° 004-2017-MINAM, Categoría 3 – Bebida de Animales

\*\* No presenta valor en ese parámetro

**Fuente:** Elaborada por el autor.

La tabla 20 en los espacios resaltados en amarillo nos muestra la reducción de las concentraciones de Fe, Cu, y Mg.



**Tabla 21:** Comparación de los parámetros inorgánicos con ECA categoría 3.

| Clave  | Concentración (mg/l) |      |       |       |      |       |         |      |
|--|----------------------|------|-------|-------|------|-------|---------|------|
|  | Mn                   | Mo   | Na    | Ni    | P    | Pb    | S       | Sb   |
| Agua sin Tratar  | 22.92                | <LCM | 2.596 | 0.012 | <LCM | 0.038 | 291.7   | <LCM |
| Agua Tratada con CaO<br>con lechada de Cal                 | 0.150                | <LCM | 2.239 | <LCM  | <LCM | 0.004 | 292.000 | <LCM |
| ECA Riego de cultivo de tallo<br>alto y bajo. <sup>1</sup> | 0.2                  | **   | **    | 0.2   | **   | 0.05  | **      | **   |
| ECA Bebida de animales. <sup>2</sup>                       | 0.2                  | **   | **    | 1     | **   | 0.05  | **      | **   |

<sup>1</sup> Estándar Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S N° 004-2017-MINAM, Categoría 3 – Cultivo de tallo alto y bajo.

<sup>2</sup> Estándar Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S N° 004-2017-MINAM, Categoría 3 – Bebida de Animales

\*\* No presenta valor en ese parámetro

**Fuente:** Elaborada por el autor.

En la tabla 21 en los espacios resaltados se aprecia la reducción de las concentraciones de Mn y Pb.

**Tabla 22:** Comparación de los parámetros inorgánicos con ECA categoría 3.

| Clave  | Concentración (mg/l) |       |       |      |       |      |       |       |
|--|----------------------|-------|-------|------|-------|------|-------|-------|
|  | Se                   | Si    | Sr    | Ti   | Tl    | U    | V     | Zn    |
| Agua sin Tratar  | <LCM                 | 6.349 | 0.550 | <LCM | 0.024 | <LCM | 0.017 | 46.81 |
| Agua Tratada con CaO                                       | <LCM                 | 0.815 | 0.728 | <LCM | 0.010 | <LCM | <LCM  | 0.973 |
| ECA Riego de cultivo de tallo<br>alto y bajo. <sup>1</sup> | 0.02                 | **    | **    | **   | **    | **   | **    | 2     |
| ECA Bebida de animales. <sup>2</sup>                       | 0.05                 | **    | **    | **   | **    | **   | **    | 24    |

<sup>1</sup> Estándar Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S N° 004-2017-MINAM, Categoría 3 – Cultivo de tallo alto y bajo.

<sup>2</sup> Estándar Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S N° 004-2017-MINAM, Categoría 3 – Bebida de Animales

\*\* No presenta valor en ese parámetro

**Fuente:** Elaborada por el autor.

La tabla 22 en el espacio resaltado muestra la disminución de la concentración de Zn.

**Tabla 23:** Comparación de remoción de metales pesados.

| Parámetro      | Unidad | Muestra<br>sin tratar<br>M:001 - A | Promedio<br>Muestra<br>tratada con<br>CaO LAB | %<br>Removido | % No<br>removido |
|----------------|--------|------------------------------------|---|---------------|------------------|
| Plata (Ag)     | mg/L   | <LCM                               | <LCM  | <LCM          | <LCM             |
| Aluminio (Al)  | mg/L   | 0.771                              | 0.084   | 89%           | 11%              |
| Arsénico (As)  | mg/L   | 0.028                              | 0.008   | 71%           | 29%              |
| Boro (B)       | mg/L   | <LCM                               | <LCM  | <LCM          | <LCM             |
| Bario (Ba)     | mg/L   | 0.020                              | 0.021   | <b>-3%</b>    | <b>103%</b>      |
| Berilio (Be)   | mg/L   | <LCM                               | <LCM  | <LCM          | <LCM             |
| Bismuto (Bi)   | mg/L   | <LCM                               | <LCM  | <LCM          | <LCM             |
| Calcio (Ca)    | mg/L   | 225.7                              | 375.633                                       | <b>-66%</b>   | <b>166%</b>      |
| Cadmio (Cd)    | mg/L   | 0.175                              | 0.003   | 98%           | <b>2%</b>        |
| Cobalto (Co)   | mg/L   | <LCM                               | <LCM  | <LCM          | <LCM             |
| Cromo (Cr)     | mg/L   | <LCM                               | <LCM  | <LCM          | <LCM             |
| Cobre (Cu)     | mg/L   | 0.055                              | <LCM  | <LCM          | <LCM             |
| Hierro (Fe)    | mg/L   | 6.639                              | 0.068   | 99%           | 1%               |
| Potasio (K)    | mg/L   | 1.095                              | 0.996   | 9%            | 91%              |
| Litio (Li)     | mg/L   | 0.006                              | 0.008   | <b>-28%</b>   | <b>128%</b>      |
| Magnesio (Mg)  | mg/L   | 16.54                              | 2.089   | 87%           | 13%              |
| Manganeso (Mn) | mg/L   | 22.92                              | 0.150   | 99%           | 1%               |
| Molibdeno (Mo) | mg/L   | <LCM                               | <LCM  | <LCM          | <LCM             |
| Sodio (Na)     | mg/L   | 2.596                              | 2.239   | 14%           | 86%              |
| Niquel (Ni)    | mg/L   | 0.012                              | <LCM  | <LCM          | <LCM             |
| Fósforo (P)    | mg/L   | <LCM                               | <LCM  | <LCM          | <LCM             |
| Plomo (Pb)     | mg/L   | 0.038                              | 0.004   | 89%           | 11%              |
| Azufre (S)     | mg/L   | 291.7                              | 292.000                                       | 0%            | 100%             |
| Antimonio (Sb) | mg/L   | <LCM                               | <LCM  | <LCM          | <LCM             |
| Selenio (Se)   | mg/L   | <LCM                               | <LCM  | <LCM          | <LCM             |
| Silicio (Si)   | mg/L   | 6.349                              | 0.815   | 87%           | 13%              |
| Estroncio (Sr) | mg/L   | 0.550                              | 0.728   | <b>-32%</b>   | <b>132%</b>      |
| Titanio (Ti)   | mg/L   | <LCM                               | <LCM  | <LCM          | <LCM             |
| Talio (Tl)     | mg/L   | 0.024                              | 0.010   | 60%           | 40%              |
| Uranio (U)     | mg/L   | <LCM                               | <LCM  | <LCM          | <LCM             |
| Vanadio (V)    | mg/L   | 0.017                              | <LCM  | <LCM          | <LCM             |
| Zinc (Zn)      | mg/L   | 46.81                              | 0.973   | 98%           | 2%               |

\* Resultados tomados en Laboratorio Regional del Agua. Informe de ensayo IE 0918536A. 2018; fecha de recolección 19 de setiembre 2018. Sitio de recolección Quebrada mesa de plata coordenadas N 9252187, E 763904

**Fuente:** Elaborada por el autor.

En la tabla 23 se muestra el porcentaje de remoción de los metales pesados tras haber dosificado 0.75 g CaO.

**Tabla 24:** Comparación de remoción de metales.

| Clave               | Remoción en % |     |     |      |      |      |      |      |
|---------------------|---------------|-----|-----|------|------|------|------|------|
|                     | Ag            | Al  | As  | B    | Ba   | Be   | Bi   | Ca   |
| % Carga Removida    | <LCM          | 89% | 71% | <LCM | -3%  | <LCM | <LCM | -66% |
| % Carga no removida | <LCM          | 11% | 29% | <LCM | 103% | <LCM | <LCM | 166% |

**Fuente:** Elaborada por el autor.

En la tabla 24 se observa que en el caso de la remoción de metales en los que están sin resaltar ha habido una remoción efectiva pero en el caso de los resaltados de color amarillo hubo un incremento en el proceso en el caso del Ba 3% y en el caso del Ca 66% esto se debe al porcentaje de impurezas en el caso del Ba, en el caso del Ca es típico de la dosificación de CaO.

**Tabla 25:** Comparación de remoción de metales.

| Clave               | Remoción en % |      |      |       |     |     |      |     |
|---------------------|---------------|------|------|-------|-----|-----|------|-----|
|                     | Cd            | Co   | Cr   | Cu    | Fe  | K   | Li   | Mg  |
| % Carga Removida    | 98%           | <LCM | <LCM | 0.055 | 99% | 9%  | -28% | 87% |
| % Carga no removida | 2%            | <LCM | <LCM | <LCM  | 1%  | 91% | 128% | 13% |

**Fuente:** Elaborada por el autor.

En la tabla 25 se observa una remoción en casi todos los metales a excepción del Li 28% más del inicial esto debido a las impurezas de la CaO debido a que se usó una cal útil al 85% de pureza.

**Tabla 26:** Comparación de remoción de metales.

| Clave               | Remoción en % |      |     |       |      |     |      |      |
|---------------------|---------------|------|-----|-------|------|-----|------|------|
|                     | Mn            | Mo   | Na  | Ni    | P    | Pb  | S    | Sb   |
| % Carga Removida    | 99%           | <LCM | 14% | 0.012 | <LCM | 89% | 0%   | <LCM |
| % Carga no removida | 1%            | <LCM | 86% | <LCM  | <LCM | 11% | 100% | <LCM |

**Fuente:** Elaborada por el autor.

En la tabla 26 se observa una remoción de los metales muy efectiva.

**Tabla 27:** Comparación de remoción de metales.

| Clave               | Remoción en % |     |      |      |     |      |       |     |
|---------------------|---------------|-----|------|------|-----|------|-------|-----|
|                     | Se            | Si  | Sr   | Ti   | Tl  | U    | V     | Zn  |
| % Carga Removida    | <LCM          | 87% | -32% | <LCM | 60% | <LCM | 0.017 | 98% |
| % Carga no removida | <LCM          | 13% | 132% | <LCM | 40% | <LCM | <LCM  | 2%  |

**Fuente:** Elaborada por el autor.

En la tabla 27 encontramos remarcado de color amarillo al Sr con un aumento de 32% por motivos del 15 %, porcentaje de impurezas del CaO, por lo demás mostrado en la tabla se aprecia una remoción efectiva en los experimentos realizados en laboratorio.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1 Discusión

En lo que respecta al primer objetivo (Barreto, 2017) en su tesis "Efecto de la dosificación de cal en la remoción de hierro y cobre del efluente de la empresa Minera San Simón – La Libertad", logró elevar el pH con una dosificación de 80 g/L y con un tiempo de agitación de 90 minutos de 3.51 u.e a 8.97 u.e asimismo también una remoción de Fe 61.935 ppm a 0.927 ppm y Cu 19.415 ppm a 0.384 ppm. En el presente estudio la dosificación fué de 0.75 g/2L y se logró similares resultados en temas de pH de 3.551 u.e promedio a 8.14 u.e promedio, y en lo que se refiere a parámetros inorgánicos como Fe 6.639 mg/L a 0.068 mg/L promedio y Cu de 0.055 mg/L a un valor por debajo del método de análisis de laboratorio.

En lo que respecta al segundo objetivo (Jiménez 2017) en su tesis "Eficiencia en la remoción del tratamiento de aguas ácidas de mina, mediante neutralización activo con lechada de cal de la Unidad Minera Arasi – Puno", usando 10 gramos de cal diluida en agua como lechada de cal de una cal concentrada al 78% lograron elevar el pH de 1.29 u.e a 8.1 u.e, CE de 14.87 (uS /cm) alcanzó disminuir a 5.14 (uS /cm), asimismo en parámetros inorgánicos su remoción fue como se describe Al 99.96 %, Mn 99%, Zn 99.95 %, Fe 99.98 %; mientras que en nuestro estudio utilizando 0,75 g de cal viva al 85 % se logró elevar el pH de 3.551 u.e a 8.14 u.e , CE de 1343 (uS /cm), se logró disminuir a 1276.8 (uS /cm), en lo que respecta a metales pesados su remoción fue como se describe Al 89%, Mn 99%, zn 98%, Fe 99%.

Finalmente a lo que respecta al tercer objetivo (Rosas & Carranza 2015) en su tesis Estudio técnico para el tratamiento de aguas ácidas en los drenajes de la industria minera, usando cal hidratada y en pasos secuenciales de 2.5 a 4 para precipitar Fe, de 4 a 7 para precipitar Cr, de 7 a 8.1 para precipitar  $\text{Cu}^{+2}$ , 8.1 a 10.5 para Zn y Ni para luego estabilizar el pH con una variable interviniente como el ácido sulfúrico; para la presente tesis no se realizó estas secuencias solamente se inyectó la cal elevando pH de 3.551 promedio a 8.14 promedio alcanzando el objetivo de adecuarlo a los ECA y LMP sin usar una variable para controlar determinados parámetros.

#### 4.2 Conclusiones

- Después de haber hecho los ensayos de experimentación se ha determinado que la dosificación de cal (CaO) como coagulante, floculante y neutralizante influye positivamente en el tratamiento de las aguas ácidas de la Quebrada Mesa de Plata pues se ha logrado adecuar los parámetros físico químicos como el pH de 3.55 u.e en promedio a 8.09 u.e en promedio, en lo que respecta a los parámetros inorgánicos como el Fe de 6.639 mg/L a 0.068 mg/L, Mn de 22.92mg/L a 0.150 mg/L; se resalta estos parámetros por ser estos los que mayor efectos negativos en el medio ambiente generan y al mejorar estos por efecto cascada mejoran los demás. También es bueno destacar que según los resultados obtenidos en lo que respecta a parámetros físico químicos e inorgánicos mediante una filtración convencional por filtrado de filtros de grava esta agua que cumple con los parámetros establecidos para agua categoría 3, se podría elevar a categoría 1 para consumo humano.
- Después de haber evaluado en campo y en laboratorio se determinó que la calidad de agua que discurre por la Quebrada Mesa de Plata influye significativamente en el tratamiento pues los resultados los resultados que se obtuvieron en campo y

laboratorio demostraron que las aguas a tratar en la Quebrada Mesa de Plata son ácidas con promedio de 3.55.

- La cantidad de cal que se optó como cal óptima para este proyecto fue de 0.75 g, con esta dosificación se demostró que influye significativamente en el caudal de agua ácida de la Quebrada Mesa de Plata.
- Finalmente el tiempo de neutralización con cal que en el caso de este proyecto fue de 55 minutos (25 minutos de agitación y 30 minutos de reposo) a 800 RPM de agitado, se demostró que influye significativamente y se puede adecuar a los ECAs categoría 3 para bebida de animales en la Quebrada Mesa de Plata.

## REFERENCIAS

- Aduvire, O. (2006). *Drenaje ácido de mina generación y Tratamiento*. Madrid.
- Aguilar , D. a., & Aguilar, D. H. (2017). *Sistema Piloto de Fitorremediación para el tratamiento de Aguas Ácidas de los Pasivos Ambientales Mineros de la Quebrada Mesa de Plata*. Cajamarca.
- Andía, C. Y. (2000). *Tratamiento de agua Coagulación y Floculación*. Lima.
- Barreto, B. H. (2016). *Efecto de la dosificación de cal en la remoción de hierro y cobre del efluente de la empresa minera San Simón- La Libertad*". Trujillo.
- Gallardo, S. I. (2015). *Impacto de la Minera Sipán en Aguas Superficiales del Centro Poblado San Antonio de Ojos -San Miguel*. Cajamarca.
- Gold Fields. (2012). *Estudio de Impacto Ambiental (EIA)*. lima.
- Hernández, S. R. (2014). *Metodología de la Investigación (Sexta Edición)*. México D.F.
- Jimenez, H. C. (2017). *Eficiencia en la remoción del tratamiento de aguas ácidas de mina, mediante neutralización activo con lechada de cal de la Unidad Minera Arasi*. Puno.
- LENNTECH. (2017). <https://www.lenntech.es/calculadoras/tds/tdsconductividad-electrica.htm>. Obtenido de <https://www.lenntech.es/calculadoras/tds/tdsconductividad-electrica.htm>.
- Li, L. S. (2013). *Medición de Potencial de Generación de Agua Ácida para un Relave en la Zona Central del Perú y sus necesidades de Neutralización*. Lima.
- Normas Legales Emitidos por el Estado Peruano. (7 de Junio de 2017). DECRETO SUPREMO N° 004 - 2017 - MINAM. *El Peruano*, pág. 17.



- Organización Mundial de la Salud. (2011). *Guías para la calidad del agua de consumo humano (Cuarta Edición)*. Ginebra.
- Rosas, B. R., & Carranza, U. J. (2015). *Estudio Técnico para el Tratamiento de aguas ácidas en los Drenajes de la Industria Minera*. Trujillo.
- Tejada, M. R. (2017). *Tratamiento y Sedimentación de la turbidez con cal en las aguas residuales de los relaves mineros de la Unidad Operativa Minera Santiago - B. Puno*.
- Zamora , E. G., & Trujillo, L. e. (2016). *Planta de Tratamiento en Interior Mina de las Aguas Ácidas de la Mina San José - Oruro*. Bolivia.
- Zamora, E. G., & Mata, C. J. (2017). Estudio técnico de un Producto Comerciable de Zinc Mediante Desulfatación, Drén Anóxico Calizo y Precipitación de las aguas Ácidas de la mina de Porco. *revista de Medio Ambiente Minero y Minería*, 56 - 66.

## **ANEXOS**

|  |     |
|--|-----|
| <b>Anexo 1:</b> Ubicación del Distrito de Hualgayoc. ....                                  | 75  |
| <b>Anexo 2:</b> Ubicación geográfica de la Quebrada Mesa de Plata. ....                    | 76  |
| <b>Anexo 3:</b> Perfil de elevación del recorrido de la Quebrada Mesa de Plata. ....       | 77  |
| <b>Anexo 4:</b> Ubicación del punto del área de estudio. ....                              | 78  |
| <b>Anexo 5:</b> Ruta para llegar al punto donde se ha realizado la investigación. ....     | 79  |
| <b>Anexo 6:</b> Data de estación HSE-3 y HSE-4 muestra caudal Quebrada mesa de Plata. .... | 80  |
| <b>Anexo 7:</b> Vista actual Quebrada Mesa de Plata. ....                                  | 81  |
| <b>Anexo 8:</b> Punto recojo de muestra. ....  | 82  |
| <b>Anexo 9:</b> MSDS de la cal nivel usuario. ....   | 83  |
| <b>Anexo 10:</b> Formato de trabajo de campo. ....   | 86  |
| <b>Anexo 11:</b> Formato de etiquetado de envase. ....                                     | 87  |
| <b>Anexo 12:</b> Midiendo caudal Quebrada Mesa de Plata. ....                              | 88  |
| <b>Anexo 13:</b> Punto de monitoreo participativo QMesa2. ....                             | 89  |
| <b>Anexo 14:</b> Data QMesa 2, Monitoreo participativo. ....                               | 90  |
| <b>Anexo 15:</b> Equipo Jar Test elaborado para experimento. ....                          | 93  |
| <b>Anexo 16:</b> Regulación de revolución de agitaciones. ....                             | 94  |
| <b>Anexo 17:</b> Agitadores apagados permitiendo la sedimentación. ....                    | 95  |
| <b>Anexo 18:</b> pesando la cal. ....  | 96  |
| <b>Anexo 19:</b> Turbidímetro y Equipo Multiparamétrico. ....                              | 97  |
| <b>Anexo 20:</b> Equipo Multiparamétrico. ....   | 98  |
| <b>Anexo 21:</b> Resultados Metales pesados Laboratorio Regional del Agua ....             | 99  |
| <b>Anexo 22:</b> Resultados Metales pesados Laboratorio Regional del Agua. ....            | 102 |
| <b>Anexo 23:</b> Resultados de análisis de CaO. ....                                       | 104 |
| <b>Anexo 24:</b> Norma legal para ECAs categoría 3 ....                                    | 105 |

**Anexo 1:** Ubicación del Distrito de Hualgayoc.



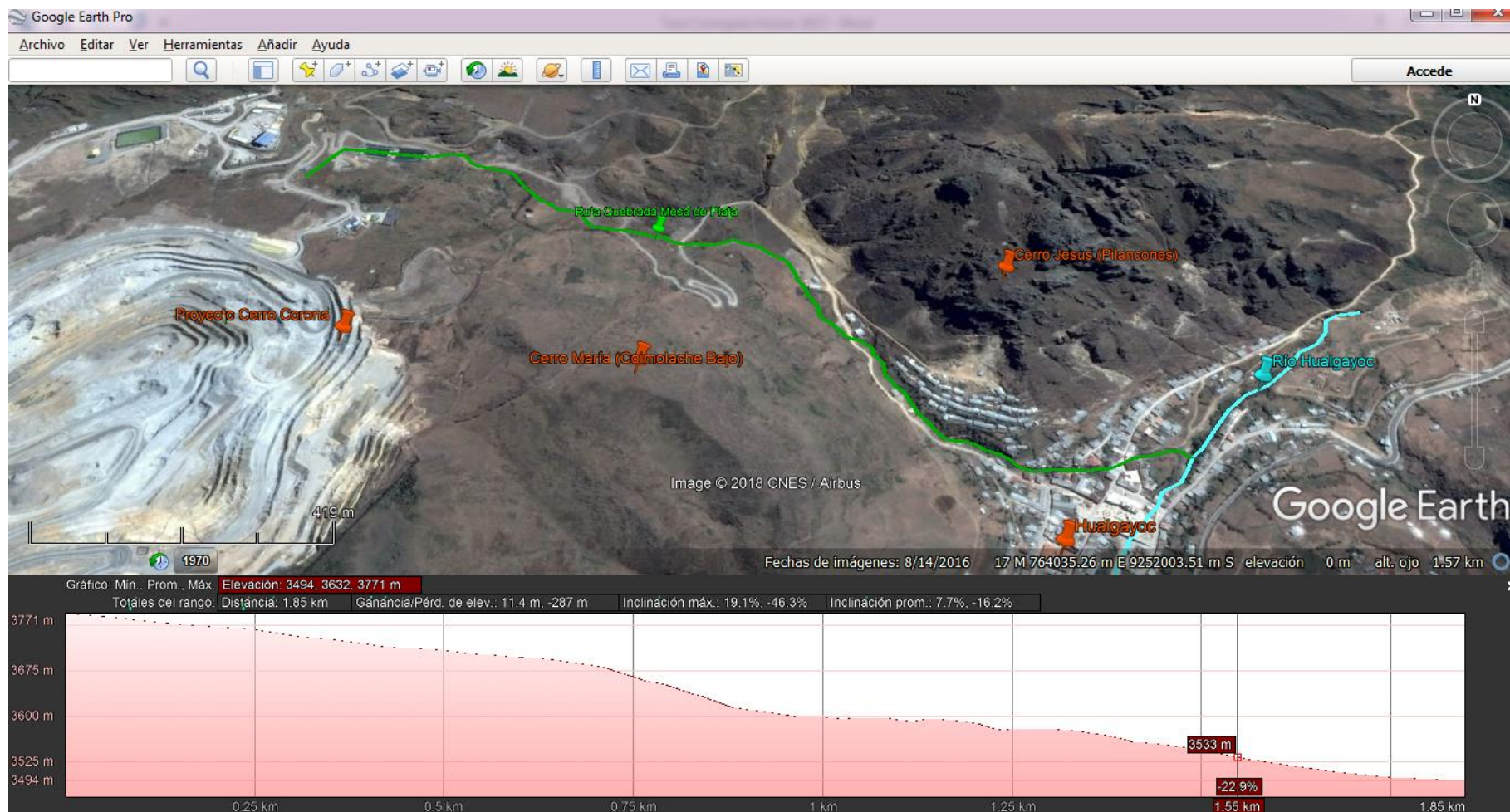
**Fuente:** Gold Fields.

**Anexo 2: Ubicación geográfica de la Quebrada Mesa de Plata.**



**Fuente:** Google Earth Pro (2018)

**Anexo 3: Perfil de elevación del recorrido de la Quebrada Mesa de Plata.**



Fuente: Google Earth Pro (2018)

**Anexo 4:** Ubicación del punto del área de estudio.



Fuente: Google Earth Pro (2018)

**Anexo 5:** Ruta para llegar al punto donde se ha realizado la investigación.



Fuente: Google Earth Pro (2018)

### Anexo 6: Data de estación HSE-3 y HSE-4 muestra caudal Quebrada mesa de Plata.

| Estación HSE - 6 (Río Hualgayoc, antes del aporte de la Qda. Corona).         |              |               |              |               |              |              |              |              |              |              |              |               |              |
|---|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
| Año   | Ene          | Feb           | Mar          | Abr           | May          | Jun          | Jul          | Ago          | Sep          | Oct          | Nov          | Dic           | Prom. Anual  |
| 2009  | 278.9        | 284.1         | 169.6        | 579.8         | 72.5         | 31.9         | 12           | 6.2          | 10.2         | 57.5         | 143          | 60.1          | 142.2        |
| 2010  | 411.4        | 888.3         | 330.2        | 218.6         | 94.6         | 59.4         | 22.7         | 18.7         | 19           | 104.6        | 241.7        | 250.3         | 221.6        |
| 2011  | 100.9        | 244.1         | 361.2        | 278.2         | 144.7        | 109          | 17.3         | 12.4         | 11.7         | 57.5         | 208.1        | 238.1         | 148.6        |
| 2012  | 367.9        | 500.2         | 218.5        | 268.3         | 237.9        | 80.9         | 14.9         | 9.9          | 14           | 15.2         | 206.3        | 200.5         | 177.9        |
| 2013  | 109.8        | 338.4         | 579.2        | 290.5         | 160.1        | 328.1        | 10.2         | 13.9         | 11           | 16           | 29.8         | 9             | 158.0        |
| 2014  | 77.9         | 33.8          | 428.7        | 106.1         | 191.2        | 51.8         | 22.8         | 10.7         | 9.9          | 9.3          | 270.2        | 72.3          | 107.1        |
| 2015  | 157.9        | 207.9         | 446.9        | 480.8         | 116.2        | 93.5         | 22.5         | 13.6         | 7.8          | 4.3          | 6.5          | 731.8         | 190.8        |
| <b>Máximo</b>   | <b>411.4</b> | <b>888.3</b>  | <b>579.2</b> | <b>579.8</b>  | <b>237.9</b> | <b>328.1</b> | <b>22.8</b>  | <b>18.7</b>  | <b>19</b>    | <b>104.6</b> | <b>270.2</b> | <b>731.8</b>  | <b>349.3</b> |
| <b>Promedio</b>   | <b>215.0</b> | <b>356.7</b>  | <b>362.0</b> | <b>317.5</b>  | <b>145.3</b> | <b>107.8</b> | <b>17.5</b>  | <b>12.2</b>  | <b>11.9</b>  | <b>37.8</b>  | <b>157.9</b> | <b>223.2</b>  | <b>163.7</b> |
| <b>Mínimo</b>   | <b>77.9</b>  | <b>33.8</b>   | <b>169.6</b> | <b>106.1</b>  | <b>72.5</b>  | <b>31.9</b>  | <b>10.2</b>  | <b>6.2</b>   | <b>7.8</b>   | <b>4.3</b>   | <b>6.5</b>   | <b>9</b>      | <b>44.7</b>  |
| Estación HSE - 5 (Río Hualgayoc, después del aporte de la Qda. Corona).       |              |               |              |               |              |              |              |              |              |              |              |               |              |
| Año   | Ene          | Feb           | Mar          | Abr           | May          | Jun          | Jul          | Ago          | Sep          | Oct          | Nov          | Dic           | Prom. Anual  |
| 2009  | 290.5        | 368.4         | 302.6        | 636.9         | 77.9         | 37.6         | 18           | 6.1          | 12.1         | 60.5         | 165.3        | 84.2          | 171.7        |
| 2010  | 430.8        | 936.7         | 339          | 273.3         | 96.6         | 60.6         | 23.2         | 18.7         | 19.8         | 118.9        | 245          | 135           | 224.8        |
| 2011  | 102.3        | 244.5         | 318.5        | 272           | 123.4        | 92.8         | 14.5         | 9.7          | 11.3         | 198.2        | 206.8        | 238.4         | 152.7        |
| 2012  | 388.2        | 502.3         | 220.1        | 268.2         | 238.2        | 81.2         | 14.9         | 10.2         | 14.2         | 15.3         | 206.9        | 198.7         | 179.9        |
| 2013  | 110.2        | 340.2         | 589.9        | 292.1         | 160.8        | 320.2        | 10.2         | 14.2         | 11.1         | 16.2         | 30.1         | 9.1           | 171.6        |
| 2014  | 78.5         | 33.1          | 430.6        | 106.9         | 192.3        | 52.2         | 23.2         | 10.9         | 10.1         | 9.5          | 271.8        | 72.5          | 107.6        |
| 2015  | 159.2        | 208.5         | 448.2        | 482.1         | 116.8        | 93.8         | 22.8         | 13.7         | 7.9          | 4.5          | 8.9          | 732.5         | 191.6        |
| <b>Máximo</b>   | <b>430.8</b> | <b>936.7</b>  | <b>589.9</b> | <b>636.9</b>  | <b>238.2</b> | <b>320.2</b> | <b>23.2</b>  | <b>18.7</b>  | <b>19.8</b>  | <b>198.2</b> | <b>271.8</b> | <b>732.5</b>  | <b>368.1</b> |
| <b>Promedio</b>   | <b>222.8</b> | <b>376.2</b>  | <b>378.4</b> | <b>333.1</b>  | <b>143.7</b> | <b>105.5</b> | <b>18.1</b>  | <b>11.9</b>  | <b>12.4</b>  | <b>67.8</b>  | <b>162.1</b> | <b>210.1</b>  | <b>170.2</b> |
| <b>Mínimo</b>   | <b>78.5</b>  | <b>33.1</b>   | <b>220.1</b> | <b>106.9</b>  | <b>77.9</b>  | <b>37.6</b>  | <b>10.2</b>  | <b>6.1</b>   | <b>7.9</b>   | <b>4.5</b>   | <b>8.9</b>   | <b>9.1</b>    | <b>50.1</b>  |
| Estación HSE - 4 (Río Hualgayoc, antes del aporte de la Qda Mesa de Plata).   |              |               |              |               |              |              |              |              |              |              |              |               |              |
| Año   | Ene          | Feb           | Mar          | Abr           | May          | Jun          | Jul          | Ago          | Sep          | Oct          | Nov          | Dic           | Prom. Anual  |
| 2009  | 293.6        | 554.5         | 50.1         | 303.4         | 313.4        | 86.2         | 77.3         | 17.48        | 27           | 141.8        | 81.98        | 782.1         | 227.4        |
| 2010  | 495.4        | 643.5         | 712.2        | 871.1         | 598.4        | 98.3         | 84.6         | 38           | 82.7         | 168.1        | 67.3         | 79.2          | 328.2        |
| 2011  | 280.7        | 530.8         | 560.2        | 901.2         | 510.2        | 499.8        | 239.8        | 105.2        | 108.5        | 112          | 320.1        | 376.5         | 378.8        |
| 2012  | 680.3        | 900.4         | 382.2        | 556.2         | 298.3        | 108.4        | 43.2         | 43           | 32           | 36.2         | 399.8        | 410.4         | 324.2        |
| 2013  | 162.1        | 480.3         | 827.5        | 584.7         | 292.7        | 573.8        | 72.5         | 89.4         | 60.2         | 72.5         | 130.2        | 67.3          | 284.4        |
| 2014  | 149.3        | 65.1          | 600.6        | 256.8         | 298.3        | 89.9         | 63.4         | 33.6         | 24.8         | 19.8         | 318.9        | 95.3          | 168.0        |
| 2015  | 178.3        | 228.5         | 758.4        | 584.24        | 139.8        | 113.2        | 58.72        | 40.5         | 36.8         | 7.28         | 24.39        | 830.12        | 250.0        |
| <b>Máximo</b>   | <b>680.3</b> | <b>900.4</b>  | <b>827.5</b> | <b>901.2</b>  | <b>598.4</b> | <b>573.8</b> | <b>239.8</b> | <b>105.2</b> | <b>108.5</b> | <b>168.1</b> | <b>399.8</b> | <b>830.12</b> | <b>527.8</b> |
| <b>Promedio</b>   | <b>320.0</b> | <b>486.2</b>  | <b>555.9</b> | <b>579.7</b>  | <b>350.2</b> | <b>224.2</b> | <b>91.4</b>  | <b>52.5</b>  | <b>53.1</b>  | <b>79.7</b>  | <b>191.8</b> | <b>377.3</b>  | <b>280.1</b> |
| <b>Mínimo</b>   | <b>149.3</b> | <b>65.1</b>   | <b>50.1</b>  | <b>256.8</b>  | <b>139.8</b> | <b>86.2</b>  | <b>43.2</b>  | <b>17.5</b>  | <b>24.8</b>  | <b>7.3</b>   | <b>24.4</b>  | <b>67.3</b>   | <b>77.6</b>  |
| Estación HSE - 3 (Río Hualgayoc, después del aporte de la Qda Mesa de Plata). |              |               |              |               |              |              |              |              |              |              |              |               |              |
| Año   | Ene          | Feb           | Mar          | Abr           | May          | Jun          | Jul          | Ago          | Sep          | Oct          | Nov          | Dic           | Prom. Anual  |
| 2009  | 328.1        | 737.4         | 331.4        | 448.6         | 348.2        | 114.3        | 90.1         | 58.8         | 62.3         | 182.3        | 103.2        | 840.2         | 303.7        |
| 2010  | 562.3        | 694.3         | 798.2        | 961.8         | 601.3        | 124.4        | 98.2         | 48.8         | 89.2         | 182.1        | 72.5         | 98.2          | 360.9        |
| 2011  | 331.5        | 596.3         | 583.3        | 1008.3        | 532.5        | 514.5        | 245.2        | 128.3        | 120.3        | 130.1        | 345.2        | 402           | 411.5        |
| 2012  | 720.2        | 1000.4        | 684.3        | 589.2         | 340.2        | 125.3        | 72.8         | 51.2         | 32.1         | 45.8         | 435.2        | 448.3         | 378.8        |
| 2013  | 179.2        | 516.2         | 889.2        | 520.8         | 348.3        | 599.2        | 100.4        | 105.2        | 68.5         | 80.4         | 148.3        | 71.2          | 302.2        |
| 2014  | 159.2        | 71.6          | 701.5        | 302.5         | 325.2        | 106.8        | 72.5         | 40.7         | 30.5         | 26.5         | 333.9        | 101.2         | 189.3        |
| 2015  | 203.2        | 263.2         | 802.5        | 632.5         | 160.7        | 129          | 67           | 50           | 48.6         | 16.2         | 55.2         | 879.1         | 275.6        |
| <b>Máximo</b>   | <b>720.2</b> | <b>1000.4</b> | <b>889.2</b> | <b>1008.3</b> | <b>601.3</b> | <b>599.2</b> | <b>245.2</b> | <b>128.3</b> | <b>120.3</b> | <b>182.3</b> | <b>435.2</b> | <b>879.1</b>  | <b>567.4</b> |
| <b>Promedio</b>   | <b>354.8</b> | <b>554.2</b>  | <b>684.3</b> | <b>637.7</b>  | <b>379.5</b> | <b>244.8</b> | <b>106.6</b> | <b>69.0</b>  | <b>64.5</b>  | <b>94.8</b>  | <b>213.4</b> | <b>405.7</b>  | <b>317.4</b> |
| <b>Mínimo</b>   | <b>159.2</b> | <b>71.6</b>   | <b>331.4</b> | <b>302.5</b>  | <b>160.7</b> | <b>106.8</b> | <b>67.0</b>  | <b>40.7</b>  | <b>30.5</b>  | <b>16.2</b>  | <b>55.2</b>  | <b>71.2</b>   | <b>117.8</b> |

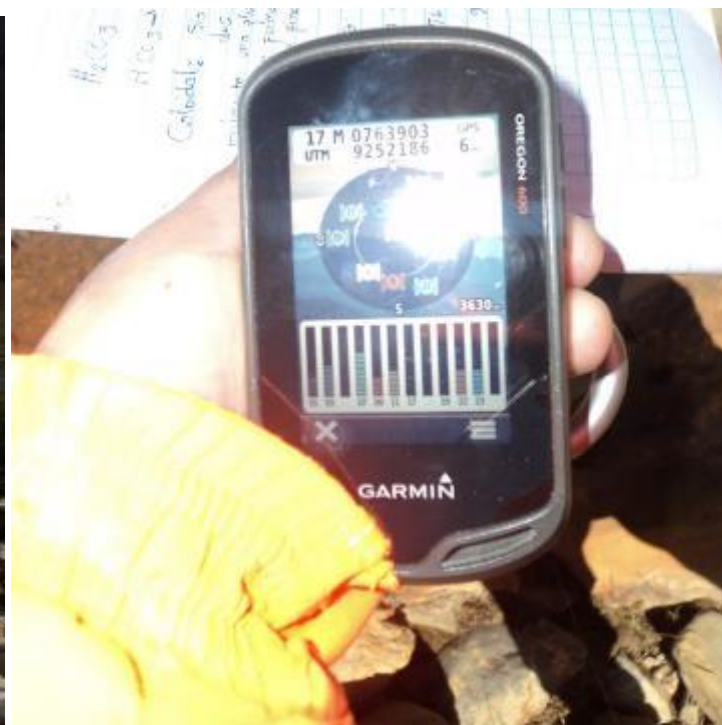
Fuente: Gold Fields La Cima.



**Anexo 7:** Vista actual Quebrada Mesa de Plata.



**Anexo 8:** Punto recojo de muestra.




**Anexo 9: MSDS de la cal nivel usuario.**

|   |  |  |   |   |  |
|---|--|--|---|---|--|
|    |  | <b>HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE MATERIALES<br/>MSDS NIVEL USUARIO</b>   |   | <b>U.E.A. CAROLINA I<br/>CERRO CORONA</b> |  |
|   |  |  |   | <b>Código:</b> SSYMA-P18.01-F02           |  |
|   |  |  |   | <b>Versión:</b> 02                        |  |
|   |  |  |   | <b>Fecha de aprob.:</b> 02/04/2018        |  |
| <b>Código:</b> GF MP - 28A  |  | <b>Datos del Fabricante:</b>   |   | <b>HMIS</b>                               |  |
| <b>Nombre:</b> Cal Viva (Oxido de Calcio)   |  | <b>Nombre:</b> Nuble Blanca  |   | <b>Salud</b> * 3                          |  |
| <b>Forma de uso:</b> Transporte y Almacenamiento de Cal (Trasvasa de camión a silo y luego se transporta a planta de cal).  |  | <b>Telef. emergencia:</b> -  |   | <b>Inflamabilidad</b> 0                   |  |
|   |  |  |   | <b>Peligro Fisico</b> 1                   |  |
|   |  |  |   | <b>EPP</b> X                              |  |
| <b>PELIGRO FISICO:</b><br>En condiciones normales es estable, reacciona con los ácidos; reacciona con el aluminio y agua para liberar gas de hidrogeno (combustible). Genera calor por la reacción química. |  | <b>EPP (Equipo de Protección Personal) :</b>   |   |   |  |
|   |  | <b>Respiratoria:</b> Full Face con filtros para polvo (color rosado) en la zona de descarga de cal. Respirador de media cara con filtro P100 en almacén. |   |   |  |
|   |  | <b>Visual:</b> Full Face (Zona de descarga); Lentes de seguridad con protección lateral (almacén).   |   |   |  |
|   |  | <b>Manos:</b> Guantes de PVC o neoprene (manga debajo de ropa)   |   |   |  |
|   |  | <b>Pies:</b> Botas o Zapatos de seguridad con punta de acero   |   |   |  |
|   |  | <b>Trajes:</b> Tyvek   |   |   |  |
| <b>EFFECTOS A LA SALUD (TOXICIDAD) :</b>  |  |  |   |   |  |
| <b>Por Ingestión.-</b> Quemadura severa en el tracto digestivo. Dolor abdominal, náuseas y vómitos.   |  |  |   |   |  |
| <b>Por Inhalación.-</b> Quemaduras en las vías respiratorias.   |  |  |   |   |  |
| <b>En contacto con los ojos.-</b> Quemaduras.   |  |  |   |   |  |
| <b>En contacto con la piel.-</b> Irritación, quemaduras, agrietamiento de la piel.  |  |  |   |   |  |
| <b>PRIMEROS AUXILIOS :</b>  |  |  |   |   |  |
| <b>Por Ingestión:</b> NO inducir al vómito, dar de beber bastante agua, no dar nada si está inconsciente. Conseguir atención medica de inmediato.   |  |  |   |   |  |
| <b>Por Inhalación:</b> Retirar a la víctima a un lugar fresco y ventilado. Si no respira dar respiración artificial, Si respira con dificultad dar oxígeno, consulte con el medico de inmediato.            |  |  |   |   |  |
| <b>Contacto con Ojos:</b> Enjuagar inmediatamente con abundante agua incluso debajo de los parpados, por lo menos durante 25 minutos (para diluir y minimizar el efecto).                                   |  |  |   |   |  |
| <b>Contacto la Piel:</b> Remover la ropa y enjuague el area afectada con abundante agua (para diluir y minimizar el efecto).  |  |  |   |   |  |
| <b>Duchas de emergencia:</b> Si   |  | <b>Lavaojos:</b> Si (Enjuague con abundante agua para diluir y minimizar el efecto)  |   |   |  |
| <b>EN CASO DE INCENDIO :</b>  |  |  | <b>ALMACENAMIENTO</b>   |   |  |
| Usar un medio de extinción apropiado a las condiciones del entorno.   |  |  | Almacenar en envases bien cerrados y proteger de contacto con agua. No guardar en recipientes de aluminio. EPP Almacén: EPP Básico, guantes de PVC o Neoprene. En caso de presencia de polvo usar respirador con filtro P100. |   |  |
| <b>Revisión / Fecha:</b> Rev-3 / 08/02/18   |  | <b>Por:</b> Jorge Carpio Valencia  |   | <b>Firma Jefe / Supervisor:</b>           |  |

**EMERGENCIAS GOLD FIELDS: 584299 anexo 300; Radio Canal 2; Centro de control; RPC: 943777773; RPM: #998857097; Entel: 936760832**

Fuente: Gold Fields La Cima.

|   |  |                                 |
|---|--|---------------------------------|
| <br><b>GOLD FIELDS</b> | <b>HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE MATERIALES<br/>MSDS NIVEL USUARIO</b> | <b>U.E.A. CAROLINA I</b>        |
|   |  | <b>Código: SSYMA-P18.01-F02</b> |
|   |  | <b>Versión: 02</b>              |
|   |  | <b>Fecha de aprob.:02/04/18</b> |

|                |                                   |
|----------------|-----------------------------------|
| <b>Código:</b> | <b>GFMP - 28A</b>                 |
| <b>Nombre:</b> | <b>Cal Viva (Oxido de Calcio)</b> |

**COLOR CILINDRO**

**ROJO**

**MEDIDAS QUE DEBEN TOMARSE EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL:**

Manténgase seco, lejos de la humedad, el vapor o los ácidos.  
Limpie los residuos mediante método en seco, usando escoba palas o un aditamento de aspiración, con personal con la protección debida.

**CONSIDERACIONES SOBRE LA ELIMINACIÓN**

Todo los residuos que se generen a consecuencia de un derrame (ejm. Tierra contaminada) debe ser dispuesto en la presa de relaves previa aprobación del departamento de Medio Ambiente, Procesos y/o Relaves. Los envases vacíos deben ser almacenado en contenedores de color rojo para luego ser dispuestos mediante una EPS-RS autorizada en relleno de seguridad.

**INFORMACIONES ECOLÓGICAS:**

BIO-acumulación: el óxido de calcio al hidratarse se convierte en un material que con la absorción del anhídrido carbonó ambiental se transforma en carbono, pudiendo incorporarse al estrato suelo, aportando calcio a éste.


Revisado por: Roy Mendoza Y.

**MEDIO AMBIENTE GOLD FIELDS:**

Anexo 337, 312; RPM: #976-662321, #948103849; Celular: 976-662321, 948103849

Nota: Este documento impreso se convertirá en copia no controlada.

Fuente: Gold Fields La Cima.

|   |  |                            |
|---|--|----------------------------|
| <br><b>GOLD FIELDS</b> | <b>HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE MATERIALES<br/>MSDS NIVEL USUARIO</b> | <b>U.E.A. CAROLINA I</b>   |
|   |  | Código: SSYMA-P18.01-F02   |
|   |  | Versión: 02                |
|   |  | Fecha de aprob.:02/04/2018 |

|         |                |
|---------|----------------|
| Código: | GF MP - 28A    |
| Nombre: | Cal Viva Prime |

**COLOR CILINDRO**

**ROJO**

**MEDIDAS QUE DEBEN TOMARSE EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL:**

Manténgase seco, lejos de la humedad, el vapor o los ácidos.  
 Limpie los residuos mediante método en seco, usando escoba palas o un aditamento de aspiración, con personal con la protección debida.

**CONSIDERACIONES SOBRE LA ELIMINACIÓN**

Todo los residuos que se generen a consecuencia de un derrame (ejm. Tierra contaminada) debe ser dispuesto en la presa de relaves previa aprobación del departamento de Medio Ambiente, Procesos y/o Relaves. Los envases vacíos deben ser almacenado en contenedores de color rojo para luego ser dispuestos mediante una EPS-RS autorizada en relleno de seguridad.

**INFORMACIONES ECOLÓGICAS:**

BIO-acumulación: el óxido de calcio al hidratarse se convierte en un material que con la absorción del anhídrido carbonó ambiental se transforma en carbono, pudiendo incorporarse al estrato suelo, aportando calcio a éste.

Revisado por: Roy Mendoza Y.

**MEDIO AMBIENTE GOLD FIELDS**

Anexo 337, 312; RPM: #976-662321, #948103849; Celular: 976-662321, 948103849

Fuente: Gold Fields La Cima.

**Anexo 10:** Formato de trabajo de campo.

| FICHA DE REGISTRO DE DATOS DE CAMPO |                                      |                                |    |    |      |      |                           |                 |       |               |
|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|----|----|------|------|---------------------------|-----------------|-------|---------------|
| Realizado por:                      |                                      |                                |    |    |      |      |                           |                 |       |               |
| Nº<br>Muestra                       | Descripción del Punto de<br>Muestreo | Fecha y<br>Hora de<br>Muestreo | T  | pH | STD  | OD   | Conductividad<br>umhos/cm | Coordenadas UTM |       | Observaciones |
|                                     |                                      |                                | °C |    | mg/L | mg/L |                           | Este            | Norte |               |
|                                     |                                      |                                |    |    |      |      |                           |                 |       |               |
|                                     |                                      |                                |    |    |      |      |                           |                 |       |               |
|                                     |                                      |                                |    |    |      |      |                           |                 |       |               |
|                                     |                                      |                                |    |    |      |      |                           |                 |       |               |
|                                     |                                      |                                |    |    |      |      |                           |                 |       |               |
|                                     |                                      |                                |    |    |      |      |                           |                 |       |               |
|                                     |                                      |                                |    |    |      |      |                           |                 |       |               |
|                                     |                                      |                                |    |    |      |      |                           |                 |       |               |
|                                     |                                      |                                |    |    |      |      |                           |                 |       |               |
|                                     |                                      |                                |    |    |      |      |                           |                 |       |               |
|                                     |                                      |                                |    |    |      |      |                           |                 |       |               |
|                                     |                                      |                                |    |    |      |      |                           |                 |       |               |
|                                     |                                      |                                |    |    |      |      |                           |                 |       |               |
|                                     |                                      |                                |    |    |      |      |                           |                 |       |               |
|                                     |                                      |                                |    |    |      |      |                           |                 |       |               |
|                                     |                                      |                                |    |    |      |      |                           |                 |       |               |
|                                     |                                      |                                |    |    |      |      |                           |                 |       |               |
|                                     |                                      |                                |    |    |      |      |                           |                 |       |               |
|                                     |                                      |                                |    |    |      |      |                           |                 |       |               |
|                                     |                                      |                                |    |    |      |      |                           |                 |       |               |
|                                     |                                      |                                |    |    |      |      |                           |                 |       |               |

**Anexo 11:** Formato de etiquetado de envase.

|                            |    |       |                |
|----------------------------|----|-------|----------------|
| Solicitante:               |    |       |                |
| Nombre de Laboratorio:     |    |       |                |
| Código punto de monitoreo: |    |       |                |
| Tipo de cuerpo de agua:    |    |       |                |
| Fecha de muestreo:         |    | Hora: |                |
| Muestreado por:            |    |       |                |
| Parámetro requerido:       |    |       |                |
| Preserva                   | SI | NO    | Tipo reactivo: |

|                            |    |       |                |
|----------------------------|----|-------|----------------|
| Solicitante:               |    |       |                |
| Nombre de Laboratorio:     |    |       |                |
| Código punto de monitoreo: |    |       |                |
| Tipo de cuerpo de agua:    |    |       |                |
| Fecha de muestreo:         |    | Hora: |                |
| Muestreado por:            |    |       |                |
| Parámetro requerido:       |    |       |                |
| Preserva                   | SI | NO    | Tipo reactivo: |

**Anexo 12:** Midiendo caudal Quebrada Mesa de Plata.





**Anexo 13:** Punto de monitoreo participativo QMesa2.



**Anexo 14:** Data QMesa 2, Monitoreo participativo.

| Station Code | Date      | Hour       | Parameter Name                | Parameter Symbol | Parameter Unit | Detection Limit | Parameter Value | Laboratory Name |
|--------------|-----------|------------|-------------------------------|------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| QMesa        | 19-Nov-13 | 11:30 a.m. | Oxígeno Disuelto              | OD               | mg/L           |                 | 5.97            | ANA             |
| QMesa        | 19-Nov-13 | 11:30 a.m. | Potencial de Hidrogeniones    | pH               | upH            |                 | 4.79            | ANA             |
| QMesa        | 19-Nov-13 | 11:30 a.m. | Temperatura                   | T                | °C             |                 | 17.6            | ANA             |
| QMesa        | 19-Nov-13 | 11:30 a.m. | Conductividad Eléctrica       | CEI              | uS/cm          |                 | 1113            | ANA             |
| QMesa        | 19-Nov-13 | 11:50 a.m. | Sólidos Totales Disueltos     | SolTotDis        | mg/L           |                 | 582             | GFLC            |
| QMesa        | 19-Nov-13 | 11:50 a.m. | Turbidez                      | Turbidez         | FTU            |                 | 112             | GFLC            |
| QMesa        | 19-Nov-13 | 11:50 a.m. | Plata                         | Ag               | mg/L           | 0.0002          | <0.0002         | SGS             |
| QMesa        | 19-Nov-13 | 11:50 a.m. | Aluminio                      | Al               | mg/L           | 0.02            | 3.76            | SGS             |
| QMesa        | 19-Nov-13 | 11:50 a.m. | Cobre                         | Cu               | mg/L           | 0.001           | 0.45            | SGS             |
| QMesa        | 19-Nov-13 | 11:50 a.m. | Hierro                        | Fe               | mg/L           | 0.001           | 0.044           | SGS             |
| QMesa        | 19-Nov-13 | 11:50 a.m. | Mercurio                      | Hg               | mg/L           | 0.00004         | <0.00004        | SGS             |
| QMesa        | 19-Nov-13 | 11:50 a.m. | Potasio                       | K                | mg/L           | 0.2             | 1.2             | SGS             |
| QMesa        | 19-Nov-13 | 11:50 a.m. | Lantano                       | La               | mg/L           | 0.0005          | 0.0038          | SGS             |
| QMesa        | 19-Nov-13 | 11:50 a.m. | Magnesio                      | Mg               | mg/L           | 0.001           | 15.943          | SGS             |
| QMesa        | 19-Nov-13 | 11:50 a.m. | Manganeso                     | Mn               | mg/L           | 0.0006          | 24.8121         | SGS             |
| QMesa        | 19-Nov-13 | 11:50 a.m. | Níquel                        | Ni               | mg/L           | 0.0004          | 0.0135          | SGS             |
| QMesa        | 19-Nov-13 | 11:50 a.m. | Plomo                         | Pb               | mg/L           | 0.0004          | 0.0927          | SGS             |
| QMesa        | 19-Nov-13 | 11:50 a.m. | Uranio                        | U                | mg/L           | 0.00004         | 0.00328         | SGS             |
| QMesa        | 19-Nov-13 | 11:50 a.m. | Zinc                          | Zn               | mg/L           | 0.001           | 27.1691         | SGS             |
| QMesa        | 19-Nov-13 | 11:50 a.m. | Cianuro TOTAL                 | CNtot            | mg/L           | 0.001           | <0.001          | SGS             |
| QMesa        | 19-Nov-13 | 11:50 a.m. | Sulfatos                      | Sulfatos         | mg/L           | 0.05            | 751.74          | SGS             |
| QMesa        | 19-Nov-13 | 11:50 a.m. | Demanda Bioquímica de Oxígeno | DBO              | mg/L           | 1               | <1              | SGS             |
| QMesa        | 19-Nov-13 | 11:50 a.m. | Demanda Química de Oxígeno    | DQO              | mg/L           | 3               | 4               | SGS             |

**Fuente:** Gold Fields La Cima.

**Anexo14 - A: Data QMesa 2, Monitoreo participativo**

| Date      | Hour       | Parameter Name                | Parameter Symbol | Parameter Unit | Detection Limit | Parameter Value | Laboratory Name |
|-----------|------------|-------------------------------|------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 11-Mar-14 | 03:40 p.m. | Oxígeno Disuelto              | OD               | mg/L           |                 | 4.34            | ANA             |
| 11-Mar-14 | 03:40 p.m. | Caudal                        | Q                | L/s            |                 | 42              | ANA             |
| 11-Mar-14 | 03:40 p.m. | Potencial de Hidrogeniones    | pH               | upH            |                 | 4.01            | ANA             |
| 11-Mar-14 | 03:40 p.m. | Temperatura                   | T                | °C             |                 | 12.81           | ANA             |
| 11-Mar-14 | 03:45 p.m. | Conductividad Eléctrica       | CEI              | uS/cm          |                 | 1026            | GFLC            |
| 11-Mar-14 | 03:45 p.m. | Sólidos Totales Disueltos     | SolTotDis        | mg/L           |                 | 513             | GFLC            |
| 11-Mar-14 | 03:45 p.m. | Turbidez                      | Turbidez         | FTU            |                 | 72.4            | GFLC            |
| 11-Mar-14 | 03:45 p.m. | Aluminio                      | Al               | mg/L           | 0.02            | 4.04            | SGS             |
| 11-Mar-14 | 03:45 p.m. | Cobre                         | Cu               | mg/L           | 0.001           | 0.676           | SGS             |
| 11-Mar-14 | 03:45 p.m. | Plomo                         | Pb               | mg/L           | 0.0004          | 0.1467          | SGS             |
| 11-Mar-14 | 03:45 p.m. | Uranio                        | U                | mg/L           | 0.00004         | 0.00315         | SGS             |
| 11-Mar-14 | 03:45 p.m. | Plata                         | Ag               | mg/L           | 0.0002          | 0.0003          | SGS             |
| 11-Mar-14 | 03:45 p.m. | Aluminio                      | Al               | mg/L           | 0.02            | 4.19            | SGS             |
| 11-Mar-14 | 03:45 p.m. | Cobre                         | Cu               | mg/L           | 0.001           | 0.707           | SGS             |
| 11-Mar-14 | 03:45 p.m. | Hierro                        | Fe               | mg/L           | 0.001           | 46.254          | SGS             |
| 11-Mar-14 | 03:45 p.m. | Mercurio                      | Hg               | mg/L           | 0.00004         | <0.00004        | SGS             |
| 11-Mar-14 | 03:45 p.m. | Magnesio                      | Mg               | mg/L           | 0.001           | 11.162          | SGS             |
| 11-Mar-14 | 03:45 p.m. | Manganeso                     | Mn               | mg/L           | 0.0006          | 16.0425         | SGS             |
| 11-Mar-14 | 03:45 p.m. | Níquel                        | Ni               | mg/L           | 0.0004          | 0.0102          | SGS             |
| 11-Mar-14 | 03:45 p.m. | Plomo                         | Pb               | mg/L           | 0.0004          | 0.1808          | SGS             |
| 11-Mar-14 | 03:45 p.m. | Zinc                          | Zn               | mg/L           | 0.001           | 17.0137         | SGS             |
| 11-Mar-14 | 03:45 p.m. | Cianuro TOTAL                 | CNtot            | mg/L           | 0.001           | <0.001          | SGS             |
| 11-Mar-14 | 03:45 p.m. | Sulfatos                      | Sulfatos         | mg/L           | 0.05            | 569.6           | SGS             |
| 11-Mar-14 | 03:45 p.m. | Demanda Bioquímica de Oxígeno | DBO              | mg/L           | 1               | 1               | SGS             |
| 11-Mar-14 | 03:45 p.m. | Demanda Química de Oxígeno    | DQO              | mg/L           | 3               | <3              | SGS             |

**Fuente:** Gold Fields La Cima.

**Anexo 14 - B: Data QMesa 2, Monitoreo participativo.**

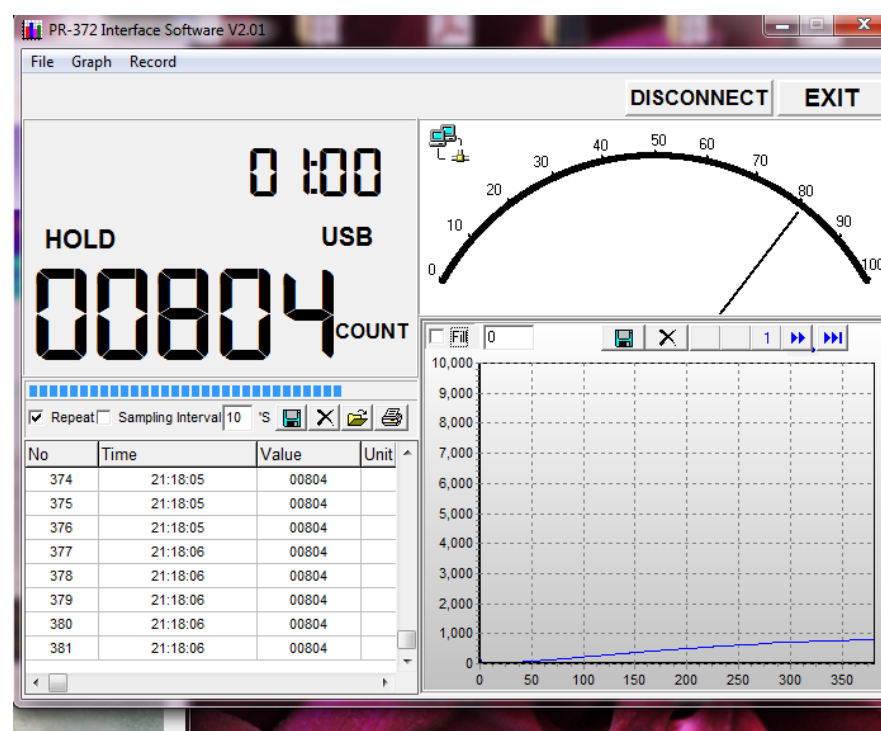
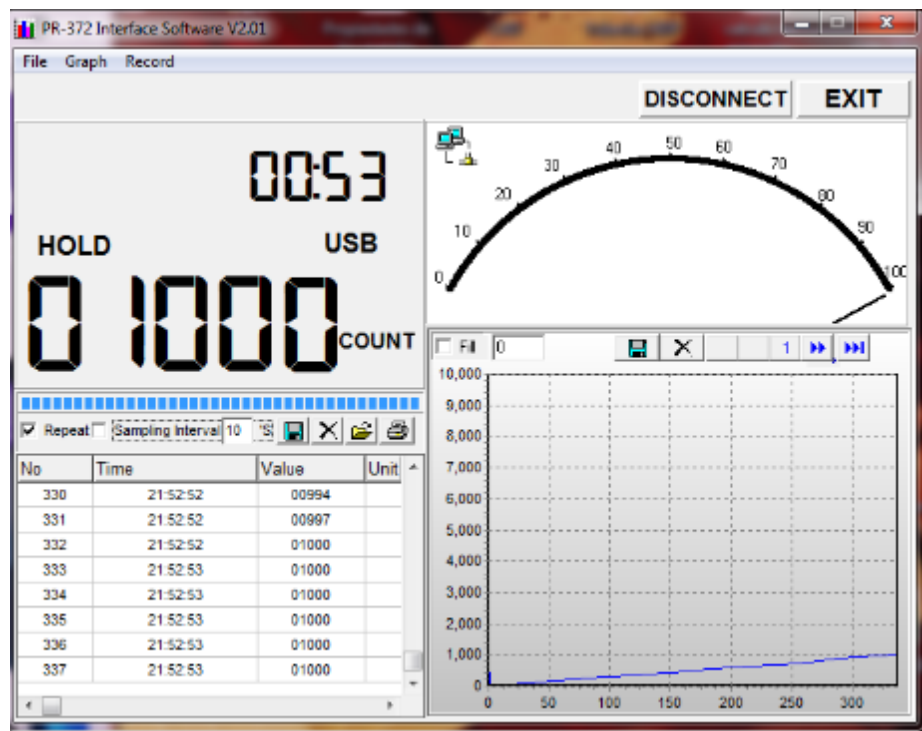
| Station Code | Date     | Hour       | Parameter Name                | Parameter Symbol | Parameter Unit | Detection Limit | Parameter Value | Laboratory Name |
|--------------|----------|------------|-------------------------------|------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| QMesa2       | 6-Dec-17 | 11:00 a.m. | Oxígeno Disuelto              | OD               | mg/L           |                 | 4.88            | GFLC            |
| QMesa2       | 6-Dec-17 | 11:00 a.m. | Potencial de Hidrogeniones    | pH               | upH            |                 | 4.64            | GFLC            |
| QMesa2       | 6-Dec-17 | 11:00 a.m. | Temperatura                   | T                | °C             |                 | 10.04           | GFLC            |
| QMesa2       | 6-Dec-17 | 11:00 a.m. | Conductividad Eléctrica       | CEI              | uS/cm          |                 | 877.8           | GFLC            |
| QMesa2       | 6-Dec-17 | 11:00 a.m. | Plata                         | Ag               | mg/L           | 0.0002          | <0.0002         | ISP             |
| QMesa2       | 6-Dec-17 | 11:00 a.m. | Aluminio                      | Al               | mg/L           | 0.0019          | 3.4246          | ISP             |
| QMesa2       | 6-Dec-17 | 11:00 a.m. | Cobre                         | Cu               | mg/L           | 0.0001          | 0.4189          | ISP             |
| QMesa2       | 6-Dec-17 | 11:00 a.m. | Hierro                        | Fe               | mg/L           | 0.0031          | 23.7712         | ISP             |
| QMesa2       | 6-Dec-17 | 11:00 a.m. | Mercurio                      | Hg               | mg/L           | 0.0001          | <0.0001         | ISP             |
| QMesa2       | 6-Dec-17 | 11:00 a.m. | Litio                         | Li               | mg/L           | 0.0012          | 0.0031          | ISP             |
| QMesa2       | 6-Dec-17 | 11:00 a.m. | Magnesio                      | Mg               | mg/L           | 0.0356          | 7.921           | ISP             |
| QMesa2       | 6-Dec-17 | 11:00 a.m. | Manganeso                     | Mn               | mg/L           | 0.0003          | 10.0338         | ISP             |
| QMesa2       | 6-Dec-17 | 11:00 a.m. | Molibdeno                     | Mo               | mg/L           | 0.0002          | 0.0019          | ISP             |
| QMesa2       | 6-Dec-17 | 11:00 a.m. | Sodio                         | Na               | mg/L           | 0.01            | 1.726           | ISP             |
| QMesa2       | 6-Dec-17 | 11:00 a.m. | Níquel                        | Ni               | mg/L           | 0.0004          | 0.0091          | ISP             |
| QMesa2       | 6-Dec-17 | 11:00 a.m. | Plomo                         | Pb               | mg/L           | 0.0002          | 0.1664          | ISP             |
| QMesa2       | 6-Dec-17 | 11:00 a.m. | Uranio                        | U                | mg/L           | 0.0003          | 0.0019          | ISP             |
| QMesa2       | 6-Dec-17 | 11:00 a.m. | Vanadio                       | V                | mg/L           | 0.0003          | 0.0007          | ISP             |
| QMesa2       | 6-Dec-17 | 11:00 a.m. | Zinc                          | Zn               | mg/L           | 0.0002          | 13.4717         | ISP             |
| QMesa2       | 6-Dec-17 | 11:00 a.m. | Cianuro WAD                   | CNwad            | mg/L           | 0.002           | <0.002          | ISP             |
| QMesa2       | 6-Dec-17 | 11:00 a.m. | Sulfatos                      | Sulfatos         | mg/L           | 0.1             | 533.49          | ISP             |
| QMesa2       | 6-Dec-17 | 11:00 a.m. | Sólidos Totales Suspendidos   | SolTotSusp       | mg/L           | 3               | 61.7            | ISP             |
| QMesa2       | 6-Dec-17 | 11:00 a.m. | Sólidos Totales Disueltos     | SolTotDis        | mg/L           | 10              | 784             | ISP             |
| QMesa2       | 6-Dec-17 | 11:00 a.m. | Demanda Bioquímica de Oxígeno | DBO              | mg/L           | 2               | <2              | ISP             |
| QMesa2       | 6-Dec-17 | 11:00 a.m. | Demanda Química de Oxígeno    | DQO              | mg/L           | 2               | 3.2             | ISP             |

**Fuente:** Gold Fields La Cima.

**Anexo 15:** Equipo Jar Test elaborado para experimento.



**Anexo 16:** Regulación de revolución de agitaciones.



**Anexo 17:** Agitadores apagados permitiendo la sedimentación.



**Anexo 18:** pesando la cal.





**Anexo 19:** Turbidímetro y Equipo Multiparamétrico.




**Fuente:** Escorpión SRL (Gold Fields)

**Anexo 20:** Equipo Multiparamétrico.




**Fuente:** Escorpión SRL (Gold Fields)

**Anexo 21:** Resultados Metales pesados Laboratorio Regional del Agua



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA  
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA  
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-084



Registro N° LE - 084

**INFORME DE ENSAYO N° IE 0918536A**

---

**DATOS DEL CLIENTE/USUARIO**

Razon Social/Usuario: **ROBERTO CARLOS AYALA CERCADO**  
 Dirección: **Jr. Silva Santibáñan S/N**  
 Persona de contacto: **Carlos** [07@hotmail.com](mailto:carlos_07@hotmail.com) Correo electrónico: [carlos\\_07@hotmail.com](mailto:carlos_07@hotmail.com)

---

**DATOS DE LA MUESTRA**

Fecha del Muestreo: **19.09.18** Hora: **08:00 a 09:30**  
 Tipo de Muestreo: **Puntual**  
 Número de Muestras: **04** N° Frascos x muestra: **04**  
 Ensayos solicitados: **Fisicoquímicos**  
 Breve descripción del estado de la muestra: **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**  
 Responsable de la toma de muestra: **Las muestras fueron tomadas por el personal usuario**  
 Procedencia de la Muestra: **"INFLUENCIA DE LA DOSIFICACION DE CAL EN EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS ACIDAS DE LA QUEBRADA MESA DE PLATA HUALGAYOC - 2018"**

---

**DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO**

N° Contrato: **SC - 481** Cadena de Custodia: **CC - 536 - 18**  
 N° Orden de Trabajo: **0918536**  
 Fecha y Hora de Recepción: **19.09.18** Inicio de Ensayo: **19.09.18** 12:20  
 Reporte Resultado: **26.09.18** 15:30 12:40

---

**(\*) DATOS DE CAMPO**

| Parámetro de Campo              | Unidad | M:001 - A | M:001 - LAB | M:002 - LAB | M:003 - LAB |   |   |
|---------------------------------|--------|-----------|-------------|-------------|-------------|---|---|
| (*) Potencial de Hidrogeno (pH) | pH     | 4.91      | 7.6         | 8.2         | 8.43        | - | - |

Nota: **Parámetro de campo fueron proporcionados por el usuario.**

**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**

Inigo Enver Zúñiga Santa Cruz  
Responsable Técnico (s)  
CIP: 9778

**Cajamarca, 27 de Setiembre de 2018.**


1 de 4

Fuente: Laboratorio Regional del agua Gobierno Regional de Cajamarca.

Continuación Anexo 21: Resultados Metales pesados Laboratorio Regional del Agua.



**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA  
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-084



INACAL  
DA, INEI  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION

INFORME DE ENSAYO N° IE 0918536A


| ENSAYOS                    |                     | QUÍMICOS      |               |               |       |       |
|----------------------------|---------------------|---------------|---------------|---------------|-------|-------|
| Código Cliente             | M-001 - A           | M-001 - LAB   | M-002 - LAB   | M-003 - LAB   |       |       |
| Código Laboratorio         | 0918536-41          | 0918536-02    | 0918536-03    | 0918536-04    |       |       |
| Matriz de Agua             | NATURAL             | USO Y CONSUMO | USO Y CONSUMO | USO Y CONSUMO |       |       |
| Descripción                | Substancias         | Pelable       | Pelable       | Pelable       |       |       |
| Localización de la Muestra | Quebrada Mesa Plata | Hualgayoc GMP | Hualgayoc GMP | Hualgayoc GMP |       |       |
| Parámetro                  | Unidad              | LCM           | Resultados    |               |       |       |
| Plata (Ag)                 | mg/L                | 0.017         | <LCM          | <LCM          | <LCM  | *     |
| Aluminio (Al)              | mg/L                | 0.022         | 0.771         | <LCM          | 0.075 | 0.092 |
| Arsénico (As)              | mg/L                | 0.003         | 0.028         | 0.006         | 0.010 | 0.008 |
| Boro (B)                   | mg/L                | 0.021         | <LCM          | <LCM          | <LCM  | <LCM  |
| Bario (Ba)                 | mg/L                | 0.002         | 0.020         | 0.020         | 0.021 | 0.021 |
| Berilio (Be)               | mg/L                | 0.002         | <LCM          | <LCM          | <LCM  | *     |
| Bismuto (Bi)               | mg/L                | 0.016         | <LCM          | <LCM          | <LCM  | *     |
| Cadmio (Cd)                | mg/L                | 0.070         | 225.7         | 312.9         | 381.0 | 423.0 |
| Cadmio (Cd)                | mg/L                | 0.002         | 0.175         | <LCM          | 0.003 | <LCM  |
| Cobalto (Co)               | mg/L                | 0.002         | <LCM          | <LCM          | <LCM  | <LCM  |
| Cromo (Cr)                 | mg/L                | 0.002         | <LCM          | <LCM          | <LCM  | <LCM  |
| Cobre (Cu)                 | mg/L                | 0.014         | 0.085         | <LCM          | <LCM  | <LCM  |
| Hierro (Fe)                | mg/L                | 0.019         | 6.639         | 0.029         | 0.136 | 0.038 |
| Plata (Ag)                 | mg/L                | 0.049         | 1.095         | 1.081         | 0.925 | 1.003 |
| Litio (Li)                 | mg/L                | 0.004         | 0.006         | 0.007         | 0.008 | 0.008 |
| Magnesio (Mg)              | mg/L                | 0.017         | 16.54         | 5.581         | 0.434 | 0.253 |
| Manganeso (Mn)             | mg/L                | 0.002         | 22.92         | 0.079         | 0.259 | 0.111 |
| Mercurio (Hg)              | mg/L                | 0.002         | <LCM          | <LCM          | <LCM  | <LCM  |
| Níquel (Ni)                | mg/L                | 0.018         | 2.596         | 2.389         | 2.104 | 2.223 |
| Níquel (Ni)                | mg/L                | 0.002         | 0.012         | <LCM          | <LCM  | <LCM  |
| Fósforo (P)                | mg/L                | 0.020         | <LCM          | <LCM          | <LCM  | <LCM  |
| Plomo (Pb)                 | mg/L                | 0.003         | 0.038         | 0.004         | <LCM  | <LCM  |
| Azufre (S)                 | mg/L                | 0.005         | 291.7         | 283.2         | 298.0 | 294.8 |
| Antimonio (Sb)             | mg/L                | 0.005         | <LCM          | <LCM          | <LCM  | <LCM  |
| Selenio (Se)               | mg/L                | 0.017         | <LCM          | <LCM          | <LCM  | <LCM  |
| Silicio (Si)               | mg/L                | 0.089         | 6.349         | 0.668         | 0.968 | 0.810 |
| Estroncio (Sr)             | mg/L                | 0.602         | 0.660         | 0.640         | 0.757 | 0.786 |
| Tiuric (Ti)                | mg/L                | 0.004         | <LCM          | <LCM          | <LCM  | <LCM  |
| Talio (Tl)                 | mg/L                | 0.003         | <LCM          | 0.006         | 0.010 | 0.011 |
| Uranio (U)                 | mg/L                | 0.004         | <LCM          | <LCM          | <LCM  | <LCM  |
| Vanadio (V)                | mg/L                | 0.003         | 0.017         | <LCM          | <LCM  | <LCM  |
| Zinc (Zn)                  | mg/L                | 0.016         | 46.81         | 0.259         | 1.472 | 1.189 |

Cajamarca, 27 de Setiembre de 2016.


BOLETIN REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA, AERIAL Y LA CONTABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO SON RESPONSABLES DEL RESULTADO. ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA

Fuente: Laboratorio Regional del agua Gobierno Regional de Cajamarca.

Continuación Anexo 21: Resultados Metales pesados Laboratorio Regional del Agua.



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA  
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA  
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-094



INACAL  
S.A. Priv.  
Instituto Peruano de Acreditación  
Registro N° LE - 084

INFORME DE ENSAYO N° IE 0918536A

| ENSAYOS                           |                      | FISICOQUIMICOS |               |               |       |       |   |   |
|-----------------------------------|----------------------|----------------|---------------|---------------|-------|-------|---|---|
| Código Cliente                    | M-001 - A            | M-001 - LAB    | M-002 - LAB   | M-003 - LAB   | -     |       |   |   |
| Código Laboratorio                | 0918536-01           | 0918536-02     | 0918536-03    | 0918536-04    | -     |       |   |   |
| Matriz de Agua                    | NATURAL              | USO Y CONSUMO  | USO Y CONSUMO | USO Y CONSUMO | -     |       |   |   |
| Descripción                       | Soleras              | Potable        | Potable       | Potable       | -     |       |   |   |
| Localización de la Muestra        | Quebrada Mesa Plata  | Hualgayoc OMP  | Hualgayoc OMP | Hualgayoc OMP | -     |       |   |   |
| Parametro                         | Unidad               | LCM            | Resultados    |               |       |       |   |   |
| Turbidez                          | NTU                  | 0.09           | 23.18         | 1.25          | 0.75  | 2.26  | - | - |
| Conductividad a 25°C              | µS/cm                | NA             | 1318          | 1349          | 1372  | 1339  | - | - |
| Sólidos Disueltos Totales         | mg/L                 | 2.5            | 903.0         | 871.0         | 829.0 | 831.0 | - | - |
| (*) Dureza Total                  | mg/L                 | 0.5            | 960.7         | 834.3         | 994.2 | 1113  | - | - |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO)  | mg O <sub>2</sub> /L | 2.6            | 2.94          | <LCM          | <LCM  | <LCM  | - | - |
| Demanda Química de Carbono (DQCO) | mg O <sub>2</sub> /L | 8.3            | <LCM          | <LCM          | <LCM  | <LCM  | - | - |



Hualgayoc  
Ing. Con. Roberto Carlos Ayala Cercado  
Analista Registrado de Química  
CIP 118544

LABORATORIO REGIONAL  
DEL AGUA

Cajamarca, 27 de Setiembre de 2018.

3 de 4

Fuente: Laboratorio Regional del agua Gobierno Regional de Cajamarca.



**Continuación Anexo 22: Resultados Metales pesados Laboratorio Regional del Agua.**



**Anexo 23:** Resultados de análisis de CaO.

Editar trabajo - CC1804835

Navegar Cerrar Guardar Comando Instrumento Recoger Estatus

| E4 |            |      |               |                     |                                    |                                       |                                       |                                       |                                      |                                     |                                      |                                      |
|----|------------|------|---------------|---------------------|------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
|    | Cuid       | Type | Ident         | Ext Ident           | e<br>cla04v<br>caop<br>%<br>lq (1) | f<br>cla04v<br>caom<br>%<br>lq (0.01) | g<br>cla04v<br>caom<br>%<br>lq (0.01) | h<br>cla04v<br>vo_tit<br>ml<br>lq (0) | i<br>cla04v<br>w_mtra<br>g<br>lq (0) | j<br>cla04v<br>n_cl<br>ml<br>lq (0) | k<br>cla04v<br>v_hcl<br>ml<br>lq (0) | l<br>cla04v<br>w_carb<br>g<br>lq (0) |
| 1  | 0002000197 | UNK  | CC1804835.001 | EL ZASAL AVM-801    | 85.19263946                        |                                       | 85.19263946                           | 85.28                                 | 2.8012                               | 0.9979780529                        | 83.2                                 | 4.4002                               |
| 2  | 0002000199 | REP  | CC1804835.001 | EL ZASAL AVM-801    |                                    |                                       |                                       |                                       |                                      | 0.9979780529                        |                                      |                                      |
| 3  | 0002000198 | UNK  | CC1804835.002 | NUBE BLANCA AVM 805 | 88.11279376                        |                                       | 88.11279376                           | 88.2                                  | 2.8011                               | 0.9979780529                        |                                      |                                      |
| 4  | 0002000200 | REP  | CC1804835.002 | NUBE BLANCA AVM 805 |                                    |                                       |                                       |                                       |                                      | 0.9979780529                        |                                      |                                      |

Fuente: Laboratorio SGS.



### Anexo 24: Norma legal para ECAs categoría 3

| El Peruano / Miércoles 7 de junio de 2017   |                              | NORMAS LEGALES                     |                             |                        | 17    |       |       |       |
|---|------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|
| <b>Tabla N° 1: Estándar de calidad de Amoniac Total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH<sub>3</sub>)</b>  |                              |                                    |                             |                        |       |       |       |       |
| Temperatura (°C)  | pH                           |                                    |                             |                        |       |       |       |       |
|   | 6                            | 6,5                                | 7,0                         | 7,5                    | 8,0   | 8,5   | 9,0   | 10,0  |
| 0   | 231                          | 73,0                               | 23,1                        | 7,32                   | 2,33  | 0,749 | 0,250 | 0,042 |
| 5   | 163                          | 48,3                               | 15,3                        | 4,84                   | 1,54  | 0,502 | 0,172 | 0,034 |
| 10  | 102                          | 32,4                               | 10,3                        | 3,26                   | 1,04  | 0,343 | 0,121 | 0,029 |
| 15  | 69,7                         | 22,0                               | 6,98                        | 2,22                   | 0,715 | 0,239 | 0,089 | 0,026 |
| 20  | 48,0                         | 15,2                               | 4,82                        | 1,54                   | 0,499 | 0,171 | 0,067 | 0,024 |
| 25  | 33,5                         | 10,8                               | 3,37                        | 1,08                   | 0,364 | 0,125 | 0,053 | 0,022 |
| 30  | 23,7                         | 7,50                               | 2,39                        | 0,767                  | 0,256 | 0,094 | 0,043 | 0,021 |
| <b>Nota:</b><br>(*) El estándar de calidad de Amoniac total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce, presentan una tabla de valores para rangos de pH de 6 a 10 y Temperatura de 0 a 30°C. Para comparar la temperatura y pH de las muestras de agua superficial, se deben tomar la temperatura y pH próximo superior al valor obtenido en campo, ya que la condición más extrema se da a mayor temperatura y pH. En tal sentido, no es necesario establecer rangos.<br>(***) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Amoniac-N (NH <sub>3</sub> -N), multiplicar el resultado por el factor 1,22 para expresarlo en las unidades de Amoniac (NH <sub>3</sub> ). |                              |                                    |                             |                        |       |       |       |       |
| <b>Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales</b>   |                              |                                    |                             |                        |       |       |       |       |
| Parámetros  | Unidad de medida             | D1: Riego de vegetales             |                             | D2: Bebida de animales |       |       |       |       |
|   |                              | Agua para riego no restringido (c) | Agua para riego restringido | Bebida de animales     |       |       |       |       |
| <b>FÍSICOS-QUÍMICOS</b>   |                              |                                    |                             |                        |       |       |       |       |
| Aceites y Grasas  | mg/L                         | 5                                  |                             | 10                     |       |       |       |       |
| Bicarbonatos  | mg/L                         | 518                                |                             | **                     |       |       |       |       |
| Cianuro Wad   | mg/L                         | 0,1                                |                             | 0,1                    |       |       |       |       |
| Cloruros  | mg/L                         | 500                                |                             | **                     |       |       |       |       |
| Color (b)   | Color verdadero Escala PY Co | 100 (a)                            |                             | 100 (a)                |       |       |       |       |
| Conductividad   | (µS/cm)                      | 2 500                              |                             | 5 000                  |       |       |       |       |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )   | mg/L                         | 15                                 |                             | 15                     |       |       |       |       |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO)  | mg/L                         | 40                                 |                             | 40                     |       |       |       |       |
| Detergentes (SAAM)  | mg/L                         | 0,2                                |                             | 0,5                    |       |       |       |       |
| Fenoles   | mg/L                         | 0,002                              |                             | 0,01                   |       |       |       |       |
| Fluoruros   | mg/L                         | 1                                  |                             | **                     |       |       |       |       |
| Nitratos (NO <sub>3</sub> -N) + Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)   | mg/L                         | 100                                |                             | 100                    |       |       |       |       |
| Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)   | mg/L                         | 10                                 |                             | 10                     |       |       |       |       |
| Oxígeno Disuelto (valor mínimo)   | mg/L                         | ≥ 4                                |                             | ≥ 5                    |       |       |       |       |
| Potencial de Hidrógeno (pH)   | Unidad de pH                 | 6,5 - 8,5                          |                             | 6,5 - 8,4              |       |       |       |       |
| Sulfatos  | mg/L                         | 1 000                              |                             | 1 000                  |       |       |       |       |
| Temperatura   | °C                           | Δ 3                                |                             | Δ 3                    |       |       |       |       |
| <b>INORGÁNICOS</b>  |                              |                                    |                             |                        |       |       |       |       |
| Aluminio  | mg/L                         | 5                                  |                             | 5                      |       |       |       |       |
| Parámetros  | Unidad de medida             | D1: Riego de vegetales             |                             | D2: Bebida de animales |       |       |       |       |
|   |                              | Agua para riego no restringido (c) | Agua para riego restringido | Bebida de animales     |       |       |       |       |
| Arsénico  | mg/L                         | 0,1                                |                             | 0,2                    |       |       |       |       |
| Bario   | mg/L                         | 0,7                                |                             | **                     |       |       |       |       |
| Berilio   | mg/L                         | 0,1                                |                             | 0,1                    |       |       |       |       |
| Boro  | mg/L                         | 1                                  |                             | 5                      |       |       |       |       |
| Cadmio  | mg/L                         | 0,01                               |                             | 0,05                   |       |       |       |       |
| Cobre   | mg/L                         | 0,2                                |                             | 0,5                    |       |       |       |       |
| Cobalto   | mg/L                         | 0,05                               |                             | 1                      |       |       |       |       |
| Cromo Total   | mg/L                         | 0,1                                |                             | 1                      |       |       |       |       |
| Hierro  | mg/L                         | 5                                  |                             | **                     |       |       |       |       |
| Litio   | mg/L                         | 2,5                                |                             | 2,5                    |       |       |       |       |
| Magnesio  | mg/L                         | **                                 |                             | 250                    |       |       |       |       |
| Manganeso   | mg/L                         | 0,2                                |                             | 0,2                    |       |       |       |       |
| Mercurio  | mg/L                         | 0,001                              |                             | 0,01                   |       |       |       |       |
| Niquel  | mg/L                         | 0,2                                |                             | 1                      |       |       |       |       |
| Plomo   | mg/L                         | 0,05                               |                             | 0,05                   |       |       |       |       |
| Selenio   | mg/L                         | 0,02                               |                             | 0,05                   |       |       |       |       |
| Zinc  | mg/L                         | 2                                  |                             | 24                     |       |       |       |       |
| <b>ORGÁNICO</b>   |                              |                                    |                             |                        |       |       |       |       |
| <b>Bifenilos Policlorados</b>   |                              |                                    |                             |                        |       |       |       |       |
| Bifenilos Policlorados (PCB)  | µg/L                         | 0,04                               |                             | 0,045                  |       |       |       |       |
| <b>PLAGUICIDAS</b>  |                              |                                    |                             |                        |       |       |       |       |
| Paratión  | µg/L                         | 35                                 |                             | 35                     |       |       |       |       |
| <b>Organoclorados</b>   |                              |                                    |                             |                        |       |       |       |       |
| Aldrin  | µg/L                         | 0,004                              |                             | 0,7                    |       |       |       |       |
| Clordano  | µg/L                         | 0,006                              |                             | 7                      |       |       |       |       |
| Dicloro Difencil Tricloroetano (DDT)  | µg/L                         | 0,001                              |                             | 30                     |       |       |       |       |
| Dieldrin  | µg/L                         | 0,5                                |                             | 0,5                    |       |       |       |       |
| Endosulfán  | µg/L                         | 0,01                               |                             | 0,01                   |       |       |       |       |
| Endrin  | µg/L                         | 0,004                              |                             | 0,2                    |       |       |       |       |
| Heptacloro y Heptacloro Epóxido   | µg/L                         | 0,01                               |                             | 0,03                   |       |       |       |       |
| Lindano   | µg/L                         | 4                                  |                             | 4                      |       |       |       |       |
| <b>Carbamato</b>  |                              |                                    |                             |                        |       |       |       |       |
| Aldicarb  | µg/L                         | 1                                  |                             | 11                     |       |       |       |       |
| <b>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO</b>   |                              |                                    |                             |                        |       |       |       |       |
| Coliformes Termotolerantes  | NMP/100 ml                   | 1 000                              | 2 000                       | 1 000                  |       |       |       |       |
| Escherichia coli  | NMP/100 ml                   | 1 000                              | **                          | **                     |       |       |       |       |
| Huevos de Helmintos   | Huevo/L                      | 1                                  | 1                           | **                     |       |       |       |       |

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

(b): Después de filtración simple.

(c): Para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, sólo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de riego no restringido.

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

**Nota 4:**

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

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

Fuente: D.S N° 004-2017-MINAM, Categoría 3 – Bebida de Animales

