

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LAS MINAS

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

PRESENTADO POR:

DARÍO CALIZAYA QUISPE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

PUNO - PERÚ

2019



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LAS MINAS

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PRESENTADO POR:

DARIO CALIZAYA QUISPE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

APROBADO POR:

PRESIDENTE

:.....
Dr. Jorge Gabriel Durant Broden

PRIMER MIEMBRO

:.....
M.Sc. Américo Arizaca Avalos

SEGUNDO MIEMBRO

:.....
Ing. Gabriela Mistral Riveros Mendoza

TEMA: Monitoreo y evaluación del impacto ambiental en minería

ÁREA: Ingeniería de Minas

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 15 de noviembre del 2019

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mi padre Melecio Calizaya Turpo que desde el cielo celebra mis logros y le agradezco a Dios por haberme dado la vida y guiado correctamente mis pasos.

A Brígida Quispe Bellido por su apoyo incondicional durante el tiempo de estudio y en las diferentes facetas de mi vida.

También agradezco a la Universidad Nacional del Altiplano Puno, a la Facultad de Ingeniería de Minas por permitir mi formación profesional en sus aulas y a los docentes de cada área por a verme guiado con su amplia sabiduría.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar un sincero agradecimiento, en primer lugar a Dios por brindarme salud, fortaleza y capacidad; también hago extenso este reconocimiento a todos los docentes de la escuela profesional de la Facultad de Ingeniería de Minas, quienes me han dado las pautas para mi formación profesional, a mis padres Melecio Calizaya Turpo y Brígida Quispe Bellido, que me han permitido trazar mi camino.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|----|
| RESUMEN..... | 6 |
| ABSTRACT | 6 |
| 1.- Introducción | 7 |
| 2.- Metodología de la investigación | 9 |
| 2.1.- Objetivo..... | 9 |
| 2.2.- Perforaciones para muestreo | 10 |
| 2.3.- El procedimiento para realizar el muestreo de aguas subterráneas:..... | 10 |
| 2.4.- Toma de muestras del agua | 11 |
| 2.5.- Etiquetado y rotulado de las muestras de agua | 12 |
| 2.6.- Llenado de la cadena de custodia:..... | 12 |
| 2.7.- Conservación y transporte de las muestras: | 12 |
| 3.- Resultados | 13 |
| 3.1.- Resultados del a tabla 4 y 5 | 14 |
| 3.2.- Discusión | 15 |
| Conclusiones | 15 |
| Agradecimiento | 15 |
| Referencias bibliográficas | 16 |



Evaluación de la calidad de las aguas subterráneas de las minas
Evaluation of the quality of the underground water of the mines

Bachiller: Darío Calizaya Quispe

Universidad Nacional del Altiplano Puno - Av. Floral N° 1153 - Puno

Facultad de Ingeniería de Minas

<https://orcid.org/0000-0002-5608-6363>

Dario.cali07@gmail.com cel.: 051-986557460

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es determinar la calidad de aguas subterráneas de las minas y las características físico-químicas. En este trabajo se toma como referencia a la Unidad Minera Corihuarmi, que fue evaluado por la empresa supervisora Algon Investmen S.R.L. en setiembre del 2008. Para realizar el estudio se hizo el análisis de muestras integradas, in-situ y en laboratorio. Los materiales utilizados por la empresa supervisora son; GPS navegador, pHchímetro, conductímetro, multiparametro. Los resultados indican que las aguas subterráneas evaluadas en PO-07 y PO-09 son acidas y no cumple con los límites máximos permisibles; en conclusión, la Unidad Minera Corihuarmi debe hacer un tratamiento de sus aguas, para alcanzar los parámetros indicados por el MINAM y hacer la descarga a los afluentes, que son fiscalizados por OEFA, tribunal de fiscalización ambiental y autoridades ambientales sectoriales.

PALABRAS CLAVES: Acida, Alcalina, Alteración, acucludos y recargas.

ABSTRACT

The objective of this work is to determine the groundwater quality of mines and physical-chemical characteristics..In this work it takes as reference to the Corihuarmi Mining Unit, which was evaluated by the supervisory company Algon Investmen S.R.L. In September 2008. Integrated, on-site and laboratory sample analysis was carried out for the study. The materials used by the supervisory company are; GPS navigator, pHchmeter, meter, multimeter. The results indicate that groundwater evaluated in PO-07 and PO-09 are acidic and do not meet the permissible maximum limits. in conclusion, the Corihuarmi Mining Unit must treat its waters, in order to achieve the parameters indicated by MINAM and unload the tributaries, which are controlled by OEFA, environmental audit court and sectoral environmental authorities.

KEYWORDS: Acid, Alkaline, Alteration, acuity and recharges.

1.- Introducción

Fernandez-cerelli, (2012) menciona que “El agua cubre más del 70 % de la superficie del planeta, unicamente un 2,5% es agua dulce. Los glaciares, la nieve y el hielo de los cascos polares representan casi el 80% del agua dulce, el agua subterránea 19% y el agua de superficie accesible rápidamente sólo el 1%.”

Agency, (2016) indica que “Una captación de agua subterránea es toda aquella obra destinada a obtener un cierto volumen de agua de una formación acuífera para satisfacer una determinada demanda. El conjunto de puntos (pozos, aljibes, sondeos, manantiales) que permiten conocer características hidráulicas, físicas y químicas de un acuífero”.

Campello, Garzon, Rmirez, & Valensuela, (2015) menciona que “El agua subterránea está oculto e inaccesible bajo el nivel freático, ocupando los espacios vacíos, fisuras, poros en el subsuelo, se puede evaluar de dos formas; natural, cuando fluye a través de manantiales, causas, artificial mediante sondeos, pozos, galerías. El origen es por filtraciones de aguas superficiales”

Momiy-Hada, Rojas-Morote, Rodriguez-Gonzales, & Mendez-Vega, (2017) menciona

que, “las aguas subterráneas son aquellas situadas por debajo de la superficie (en el subsuelo), que han sido filtradas por la fuerza de la gravedad a través del suelo y de los cuerpos de agua (ríos, lagunas, etc.) y se mueven lentamente a través de los espacios vacíos que tienen las rocas y suelos (poros), constituyendo acuíferos”.

Market-Andrea, (2016) indica que “Es de gran importancia conocer la dirección de flujo local del agua subterránea. Para esto es indispensable la nivelación topográfica de las bocas de pozos (en cm) a través de métodos geodésicos (estación total y GPS navegador y/o diferencial). Sin esta medición no se puede relacionar la profundidad de la napa y/o nivel freática, medida en los pozos y consecuentemente no se logra efectuar una triangulación correcta del gradiente de la napa freática y determinación de la dirección del flujo de las aguas subterráneas.”

S.R.L., (2008) indica que “Verificar el cumplimiento de los Niveles Máximos permisibles del Subsector Minería para los efluentes minero, metalúrgicos existentes en la unidad minera supervisada. Verificar la calidad de las aguas superficiales y subterráneas en los puntos de monitoreo contemplados en el estudio de impacto ambiental de la unidad minera”.

Nacional & Agua, (2011) menciona que “La toma de muestra de aguas subterráneas presenta cierta dificultad, por las características de la capacitación y la técnica de muestreo. El técnico que realiza el muestreo debe estar debidamente capacitado, cualificado y entrenado en la teoría y la práctica del muestro, siendo responsable de poner en práctica el contenido de este protocolo. Cualquier desviación con el análisis, debería quedar reflejada en los registros de campo. Es tener más cuidado posible y así asegurar calidad de la muestra.”

D, J, G, & P, (2013) indica que, “ La acidificación de las aguas que origina la disolución de los minerales que contiene los metales pesados tales como plomo, mercurio, cadmio, arsénico y cromo. Todo ello tiene como consecuencia que se genera contaminación de las aguas subterráneas y superficiales afectando ríos y lagos.”

Cruz-Perez & Larico-Vilca, (2015) indica que, “Las labores mineras pueden incidir de forma diferenciada sobre las aguas subterráneas. Las minas de gran tamaño y profundidad pueden interceptar enormes volúmenes de agua de uno y otro tipo. La minería en profundidad interfiere fundamentalmente con las aguas

subterráneas, aunque también está relacionada con las aguas superficiales a raíz de fenómenos de subsidencia y descarga”.

Campello, Garzon, Rmirez, & Valensuela, (2015) indica que, “ La gestión de las aguas subterráneas debe articularse al modelo de Gestión Integral del Recurso Hídrico (GIRH) de tal manera que el agua se pueda entender en su contexto del ciclo hidrológico aun cuando el subsistema de aguas subterráneas tiene condiciones dinámicas e hidroquímicas particulares que deben entenderse. En este sentido, la gestión parte de un conocimiento de los acuíferos que debe ser representado en un Modelo” .Que requieren nivelación topográfica de pozos), balance hídrico y flujos base. Acuíferos libres; son aguas almacenadas que están en contacto con el aire y a la presión atmosférica. Acuíferos cautivos o confinados; Aquellas formaciones de aguas que están cubiertas entre dos capas impermeables y es sometida a una presión diferente a la atmosfera, esta se recarga por una parte superior por las aguas de la lluvia.””

Tuinhof, Foster, Kemper, Garduño, & Nanni, (2006) Involucran “los procesos de perforación e instalación de pozo de monitoreo (piezómetro), la preparación del pozo para la toma de la muestra de agua (desarrollo del pozo), los procedimientos de

monitoreo de los parámetros físico químicos antes y durante el muestreo, el almacenamiento, preservación y transporte de las muestras.”

Tabla N° 1. Límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero dado por MINAM

| parámetros | Unidad | Límite en cualquier momento | Límite para el promedio anual |
|-------------------------------|--------|-----------------------------|-------------------------------|
| pH | | 6-9 | 6-9 |
| Sólidos totales en suspensión | mg/L | 50 | 25 |
| Aceites y grasas | mg/L | 20 | 16 |
| Cianuro total | mg/L | 1 | 0.8 |
| Arsénico total | mg/L | 0.1 | 0.08 |
| Cadmio total | mg/L | 0.05 | 0.04 |
| Cromo hexavalente | mg/L | 0.1 | 0.08 |
| Cobre total | mg/L | 0.5 | 0.4 |
| Hierro disuelto | mg/L | 2 | 1.6 |
| Plomo total | mg/L | 0.2 | 0.16 |
| Mercurio total | mg/L | 0.002 | 0.0016 |
| Zinc total | mg/L | 1.5 | 1.2 |

Fuente: (ministerio de medio ambiente).

Market-Andrea, (2016). “La instalación de pozos de muestreo está estandarizado por normas técnicas en varios países. El procedimiento se debe complementar con la recolección de una muestra de suelo para cada uno de los intervalos de profundidad predefinidos (a criterio del técnico) durante la ejecución de las perforaciones.”

2.- Metodología de la investigación

El método empleado para el siguiente trabajo fue un método cuantitativo.

La toma de datos para el trabajo realizado fue de la **Unidad Minera Corihuarmi**: ubicado en el distrito de Chungos altos y Huantan provincia de Huancayo y Yauyos departamento de Junín y Lima situada a casi 5,000 msnm en la Cordillera de los Andes en el centro del Perú. Para el cumplimiento de los Límites Máximos permisibles dados por el MINAM y fiscalizados por la OEFA, La calidad de las aguas subterráneas en los puntos de muestreo, son evaluados in-situ y en laboratorio, por la empresa Algon Investment S.R.L. en el año 2008. El estudio de esta investigación se muestra en los puntos fijos con coordenadas en la figura 1 y el resultado, en las tablas 4 y 5.

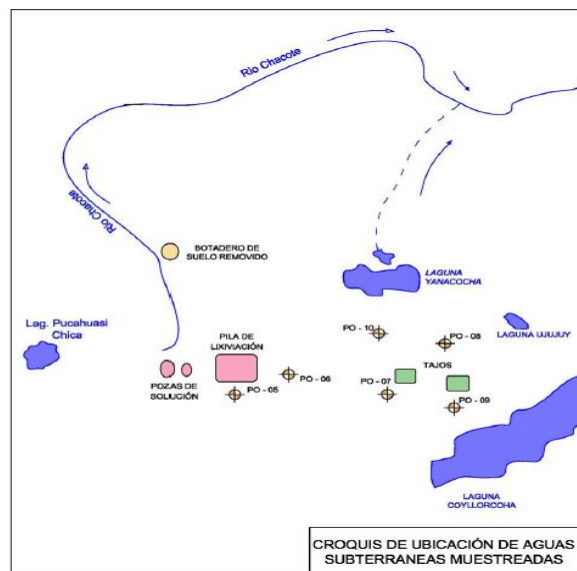


Figura 1. puntos de muestreo
Fuente de imagen:(Market-Andrea, 2016)

2.1.- Objetivo.

Evaluar la calidad de las aguas subterráneas y determinar los niveles

Máximos permisibles de la Unidad Minera Corihuarmi.

2.2.- Perforaciones para muestreo

Los pozos de aguas subterráneas normalmente son perforados hasta alcanzar el nivel freático. Se utiliza una sonda con línea métrica para medir la profundidad del nivel de agua, cuando la sonda toca la superficie del agua envía una señal luminosa y sonora, Nacional & Agua, (2011)

“Hacer abertura de galerías horizontales, sondeos y/o perforaciones, en función de las características, los ensayos se deben realizar en cada uno de los pozos de monitoreo y con los resultados obtenidos se debe calcular los parámetros hidráulicos básicos de la zona Market-Andrea, (2016).



Figura 2. Perforación

Fuente de imagen:(Market-Andrea, 2016)

- Se retira el material de perforación y en caso de estar contaminado se destina a eliminación
- Se establece un diámetro mínimo de 50 mm o 2 pulgadas interno para el tubo.

- Pozo/tubo filtro. Para este diámetro la perforación debe tener un diámetro de mínimo 6 pulgadas para proporcionar un espacio anular de 2 pulgadas suficiente para el pre filtro.

- El tubo tiene longitud de 1.50m.

- La punta del filtro ranurado tiene un espacio aproximado de 30 cm de tubo ciego en su parte inferior para acomodar sedimento y evitar la obturación del filtro.



Figura 3. Instalación de pozo de monitoreo con tubo PVC

Fuente de imagen: (Market-Andrea, 2016)

2.3.- El procedimiento para realizar el muestreo de aguas subterráneas:

- Introducir el medidor de nivel de agua previamente descontaminado al pozo con la finalidad de conocer el nivel del agua subterránea.
- Las muestras se tomaran utilizando un bailer o una bomba de profundidad, este método en cuanto sea posible utilizarlo garantiza la obtención de muestras representativas de agua subterránea.

- Todos los pozos deberán ser purgados antes de tomar las muestras, para asegurar que el agua que se extrae tenga las condiciones del acuífero y no del agua almacenada en el pozo.

- Antes de cualquier evacuación o muestreo, las bombas y otros equipos, deben ser previamente descontaminados.

- Para el procedimiento de purga se deben conocer la profundidad del pozo, el nivel del agua del pozo y el radio del tubo PVC del pozo; con esta información se calcula el volumen de agua. La fórmula a usar es la siguiente:

$$V = 3\pi (H_{\text{pozo}} - H_{\text{agua}}) (d/2)^2$$

En el punto B, Como en toda la superficie freática, la presión del agua es igual a la atmosférica.

En el punto A, la presión del agua es menor a la atmosférica y, por esta razón, el agua asciende, mientras que en el punto C, la presión es superior a la atmosférica y está determinada por la columna de agua entre los puntos B y C.

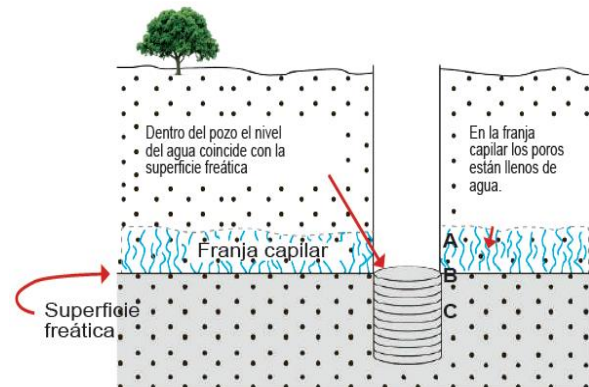


Figura 4. Franja capilar
Fuente de imagen: (Momiy-Hada et al., 2017)

2.4.- Toma de muestras del agua

- Las muestras de agua se recolectan en frascos de boca ancha con cierre hermético, limpia, estéril o de primer uso, son etiquetadas y preservadas.



Figura 5. Recolección de muestra
Fuente de imagen: (Market-Andrea, 2016)

Tabla N°2. Procedimiento general para la toma de muestra



Fuente: (Groundwater & Assessment, 2013)

2.5.- Etiquetado y rotulado de las muestras de agua

Los frascos son etiquetados y rotulados, con letra clara y legible, la cual se protege con cinta adhesiva transparente conteniendo la siguiente información: Numero de muestra (orden de toma de muestra), Código de identificación (red de monitoreo y puntos de control), Tipo de muestra de agua, descripción del punto de muestreo, Fecha y hora de la toma de la muestra, Preservación con tipo de reactivo utilizado, Tipo de análisis requerido, Nombre del responsable del muestreo, etc.

2.6.- Llenado de la cadena de custodia:

Se llena con la información del Registro de Datos de Campo, indicando los parámetros a evaluar, tipo de frasco, tipo de muestra de agua o fuente, volumen.

2.7.- Conservación y transporte de las muestras:

- Los recipientes de vidrio son embalados con cuidado para evitar roturas y derrames.
- Las muestras recolectadas se conservan en cajas térmicas (coolers) a 4° C de temperatura, disponiendo para ello refrigerantes

como Ice pack, otros, para el control de temperatura.

- Se transporta las muestras hasta el laboratorio.

En cada una de las muestras tomadas se miden los parámetros:

Tabla N°3. Procedimiento general para la toma de muestra

| Parámetros de campo | Parámetros físico-químicos | |
|------------------------|----------------------------|----------|
| pH | Dureza total | |
| Temperatura | TDS | |
| Oxígeno disuelto | TSS | |
| Conductividad | TS | |
| Turbidez | Alcalinidad total | |
| caudal | acidez | |
| Parámetros inorgánicos | Metales totales | |
| Iones mayoritarios | Aniones | Hierro |
| Calcio | Nitratos | Mercurio |
| Magnesio | Fluor | Arsénico |
| Sodio | Bromuros | Cadmio |
| Carbonato | Cianuros | Cromo |
| Bicarbonato | CN total | Cobre |
| Sulfatos | Fosfatos | Plomo |
| cloruros | P total | zinc |

Fuente: (Groundwater & Assessment, 2013)

Posteriormente se procede a preservar, y codificar las muestras, filtrando en campo, la muestra correspondiente para metales disueltos, y luego se envían las muestras al laboratorio para su análisis.

3.- Resultados

Tabla N° 4: Ubicación de los puntos de muestreo de aguas subterráneas

| Código | Descripción | Tipo | Ubicación | | |
|--------|--|------------------|-----------|---------|---------|
| | | | Norte | Este | Altitud |
| PO-05 | Al Sur-este de la pila de lixiviación | Agua Subterránea | 8610386 | 437 631 | 4729 |
| PO-06 | Al este del Pad de lixiviación-cantera | Agua Subterránea | 8 610 664 | 437 142 | 4 694 |
| PO-07 | Al suroeste de tajo diana | Agua Subterránea | 8 610 110 | 439 265 | 4 744 |
| PO-08 | Al norte del tajo susan | Agua Subterránea | 8 610 800 | 440 000 | 4 760 |
| PO-09 | Al sur del tajo susan | Agua Subterránea | 8 609 660 | 439 826 | 4 710 |
| PO-10 | Quebrada yanacocha | Agua Subterránea | 8 610 766 | 439 183 | 4 797 |
| PO-15 | Al oeste de la pila de lixiviacion | Agua Subterránea | 8 610494 | 437 296 | 4 700 |
| PO-16 | Al noroeste de la pila de lixiviacion | Agua Subterránea | 8 610 411 | 437 452 | 4 719 |

Ta

Tabla N° 5: Resultado de Muestreo de aguas subterráneas de la tabla N° 04

| Estaciones de monitoreo | Medición en campo | | | | Medición en laboratorio | | | | | |
|------------------------------|-------------------|--------|------------|------------|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | pH | T *(C) | CE (uS/cm) | STS (mg/L) | Pb total (mg/L) | Cu total (mg/L) | Zn total (mg/L) | As total (mg/L) | Fe total (mg/L) | CN total (mg/L) |
| PO-05 | 6.78 | 9.7 | 480 | 243.8 | 0.071 | 0.020 | 0.162 | 0.860 | 28.980 | <0.004 |
| PO-06 | 7.47 | 11.6 | 250 | 188.0 | 0.042 | <0.003 | 0.022 | 0.036 | 0.881 | <0.004 |
| PO-07 | 3.10 | 11.0 | 400 | 214.5 | 0.089 | 0.322 | 0.132 | 0.262 | 16.860 | <0.004 |
| PO-08 | 6.88 | 9.1 | 80 | 98.6 | <0.010 | 0.003 | 0.024 | <0.010 | 0.304 | <0.004 |
| PO-09 | 3.27 | 11.5 | 250 | 129.0 | 0.011 | 0.004 | 0.042 | 0.313 | 11.930 | <0.004 |
| PO-10 | 7.50 | 10.6 | 270 | 188.2 | 0.036 | 0.003 | 0.023 | <0.010 | 1.621 | <0.004 |
| PO-15 | (*) | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| PO-16 | (*) | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ley General de Aguas. | 6.5- 9 | -- | -- | 50 | 0.2 | 0.5 | 1.5 | 0.1 | 2 | 1 |
| Clase I | | | | | | | | | | |

Fuente: (S.R.L., 2008)

3.1.- Resultados del a tabla 4 y 5

Los resultados obtenidos en la evaluación de calidad de aguas subterráneas en la Unidad minera Corihuarmi.

pH : Valor estándar de pH es (6.5-9).

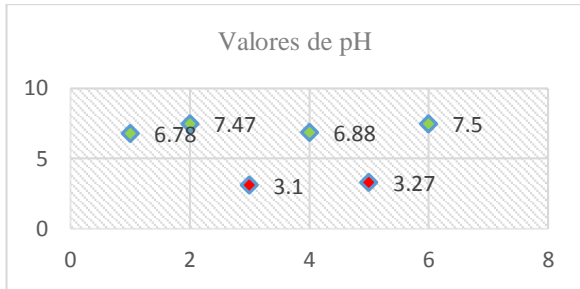


Figura 5. Valores de pH de la muestra
Fuente de imagen: (Market-Andrea, 2016)

- En los puntos PO-05, PO-06, PO-08, PO-10 Si cumplen con los valores LMP de pH.
- En el punto PO-07 Al suroeste de tajo diana, No cumple con LMP de pH, es acido con (pH 3.10).
- En el punto PO-09 Al sur del tajo Susan, No cumple con LMP de pH, es acido con (pH 3.27).

Solidos totales en suspensión: valor estándar (STS 50).

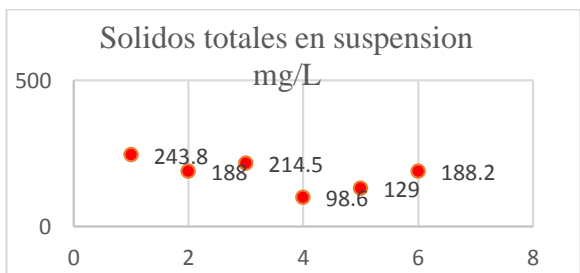


Figura 6. STS en la muestra
Fuente de imagen: (Market-Andrea, 2016)

- Los sólidos totales en suspensión en los puntos (PO-5, PO-6, PO7, PO8, PO9 y PO-10), No están dentro del rango de LMP. Porque sobrepasan el estándar

Plomo: Valor estándar de Pb es 0.2.

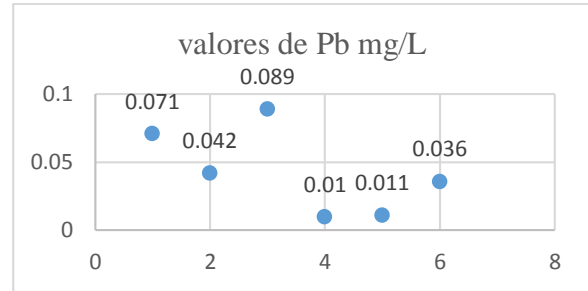


Figura 7. Valores de Pb en la muestra
Fuente de imagen: (Market-Andrea, 2016)

- El plomo en los puntos (PO-5, PO-6, PO-7, PO-8, PO-9 y PO-10), Si cumplen con los valores LMP.

Cobre: valor estándar de Cu es 0.5

- El cobre total en los puntos (PO-5, PO-6, PO-7, PO-8, PO-9 y PO-10), Si cumplen con los valores LMP.

Zinc: valor estándar de Zn es 1.5

- El Zinc en los puntos (PO-5, PO-6, PO-7, PO-8, PO-9 y PO-10), Si cumplen con los valores LMP.

Arsénico: valor estándar de As es 0.1

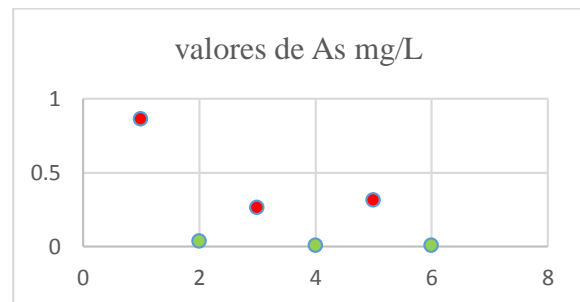


Figura 8. Valores de As en la muestra
Fuente de imagen: (Market-Andrea, 2016)

- El arsénico en los puntos (PO-5, PO-7, PO-9) No cumple con los valores de LMP y (PO-6, PO-8 y PO-10) Si cumplen con los valores LMP.

Fierro: Valor estándar de Fe es 2.

- El fierro en los puntos (PO-5, PO-7, PO-9) No cumple con los valores de LMP y (PO-6, PO-8 y PO-10) Si cumplen con los valores LMP.

Cianuro: valor estándar de CN es 1

- El cianuro, en los puntos (PO-5, PO-6, PO-7, PO-8, PO-9 y PO-10), Si cumplen con los valores LMP.

3.2.- Discusión

S.R.L., (2008) Debido a que no existe normativa nacional para aguas subterráneas, referencialmente, se utilizará para la respectiva comparación, los valores límites de la Ley General de Aguas Clase I.

Cruz-Perez & Larico-Vilca, (2015) A pesar de que a la minería se asocia con frecuencia al deterioro de la calidad del agua, esto no siempre es así. Muchas de las "aguas de mina" poseen buena calidad y pueden ser vertidas normalmente a cauces y tener uso industrial, agrícola o incluso ser potables. Zevallos-Santivañez, (2016) "Existe una serie de minerales que pueden consumir ácido y neutralizar el drenaje ácido (Lottermoser, 2007). Entre los minerales que consumen ácido se encuentran: Carbonatos, Hidróxidos, Silicatos y Arcillas."

Conclusiones

En este estudio la importancia es la determinación o evaluación de calidad de

aguas subterráneas en la unidad minera corihuarmi.

- En la evaluación de la calidad de agua subterráneas en la unidad minera Corihuarmi, están alteradas en pH en los puntos PO-07, al sur-oeste de tajo diana y PO-09, al sur del tajo Susan con (pH 3.10) y (pH 3.27), para su vertimiento o descarga la empresa supervisora S.R.L. Algon Investment recomendó hacer un tratamiento de aguas en los puntos mencionados.

- Los STS sobrepasan el rango del valor de los LMP dados por el MINAM.

- Los metales como, cobre, zinc y arsénico si están dentro del rango de LMP.

Teniendo los resultados de la evaluación de muestras, la empresa evaluadora S.R.L. Algon Investment determinó y recomendó hacer un tratamiento en las aguas alteradas.

Agradecimiento

En primer lugar doy gracias a Dios por darme la vida y salud.

Así mismo agradezco a los docentes de la escuela profesional de ingeniería de minas-UNA-PUNO.

A mi padre Melecio Calizaya Turpo que desde el cielo me guía y me da fuerzas como siempre lo ha hecho, para seguir escalando.

A mi madre Brígida Quispe Bellido, que está siempre a mi lado en los momentos más difíciles.

Gracias a mis familiares, amigos y a todas las personas que confiaron y me apoyaron incondicionalmente.

Especialmente el agradecimiento más grande, a mi esposa Leisnny y a mis hijas Zenayda y Katnniz, quienes son mi fuerza y motor de mi vida.

Referencias bibliográficas

- Agency, I. atomic energy. (2016). Mejora del conocimiento de aguas subterráneas para contribuir a su protección, gestión integrada y gobernanza. (Julio), 36.
- Campello, A. K., Garzon, C. L., Rmirez, L. G., & Valensuela, M. A. (2015). Principios básicos para el conocimiento y monitoreo de las aguas subterráneas en colombia. Retrieved from <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023541/Principios.pdf>
- Cruz-Perez, paola mercedes, & Larico-Vilca, W. C. (2015). Diseño y modelamiento de una planta de tratamiento de aguas acidas en la unidad minera Iscaycruz-Oyon. Universidad nacional de san agustin.
- D, C.-, J, C.-, G, Z.-, & P, A.-. (2013). Estudio para el tratamiento de las aguas acidas por neutralizacion-precipitacion en interior de la mina santa fe Bolivia. (octubre), 297–310. Retrieved from [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/20956/\(pp.297-306\).pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/20956/(pp.297-306).pdf)
- Fernandez-cerelli, A. (2012). El agua un recurso esencial. *Química Viva*, 11(Diciembre), 147–170. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>
- Groundwater, I., & Assessment, R. (2013). Protocolo de calidad de agua subterránea. (Noviembre), 10. Retrieved from <http://gidahatari.com/ihes/protocolo-de-monitoreo-de-calidad-de-agua-subterranea>
- Market-Andrea. (2016). Manual de buenas prácticas en la investigación de sitios contaminados, muestreo de aguas subterráneas. (Setiembre), 22.
- Momiy-Hada, F., Rojas-Morote, A., Rodriguez-Gonzales, A., & Mendez-Vega, M. (2017). Nuevo régimen especial de monitoreo y gestión de uso de aguas subterráneas a cargo de las eps. (Febrero), 120.
- Nacional, A., & Agua. (2011). Recursos hidricos. 1–34. Retrieved from https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/2011-protocolo-anaperu.pdf
- S.R.L., A. investment. (2008). Informe de monitoreo. Osinergmin, (setiembre), 01–20. Retrieved from http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/mineria/.pdf
- Tuinhof, A., Foster, S., Kemper, K., Garduño, H., & Nanni, M. (2006). Requerimientos de Monitoreo del agua subterránea. *Gestion Sustentable Del Agua Subterránea*, (9), 1–10. Retrieved from http://siteresources.worldbank.org/INTWRD/Resources/_Spanish_BN_09.pdf
- Zevallos-Santivañez, J. F. (2016). Estabilización del drenaje ácido de mina de la empresa paraíso (Universidad nacional del centro del Peru). Retrieved from <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/4587/ZevallosS..pdf?sequence=1&isAllowed=y>