



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Intemperismo en los desmontes mineros e identificación del tipo de drenaje mediante el método de Columna Húmeda, en Minera Bateas S.A.C.”

TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE

INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR:

LUIS FERNANDO MENDOZA APOLAYA

ASESOR:

Dr. ELMER GONZALES BENITES ALFARO

LINEA DE INVESTIGACION:

TRATAMIENTO Y GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

LIMA – PERU

2017 – I

PÁGINA DEL JURADO

Dr. Cabrera Carranza Carlos

PRESIDENTE

Dr. Valverde Flores Johnny

SECRETARIO

Dr. Benites Alfaro Elmer

VOCAL

DEDICATORIA

Dedico el desarrollo de investigación a
Mis padres que siempre están iluminando
Mi camino.

AGRADECIMIENTO

Agradezco al DIRECTOR DEL INSTITUTO DE MINERÍA Y MEDIO AMBIENTE DE LA FIGMM DE LA UNI. Dr. ATILIO MENDOZA APOLAYA porque siempre me brindó la oportunidad de participar en proyectos de investigación Nacional e Internacional en especial en el desarrollo de mi Tesis. También quiero dar un reconocimiento a mi asesor Dr. ELMER GONZALES BENITES ALFARO, por su apoyo incondicional en la realización de mi Tesis. A mis docentes que en el transcurso de mi formación profesional desde mi ciclo alfa pusieron todo de su experiencia. Un reconocimiento a mi profesora QF. MONICA RETUERTO GUADALUPE, porque gracias a su apoyo realizo estudios de toxicidad en suelo, aire, agua.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo LUIS FERNANDO MENDOZA APOLAYA con DNI. 08057564, cumpliendo la normatividad actual del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, manifiesto mi compromiso de garantizar que el trabajo realizado en mi presente tesis y documentación que acompaño es verdadero y legítimo.

Además, declaro garantizar que el contenido involucrado en la tesis y la explicación que presento en mi tesis son genuinos y reales.

Por lo tanto, adjudico mi compromiso que corresponda ante cualquier inexactitud, encubrimiento u olvido tanto de los escritos como de la explicación aportada por lo cual estoy sujeto a lo dispuesto en las normas académicas de la universidad Cesar Vallejo.

Lima, 01 julio del 2017.

.....
Luis Fernando Mendoza Apolaya
(DNI: 08057564)

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

Con el respeto al del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo anuncio ante Uds. La tesis titulada “Intemperismo en los Desmontes Mineros, identificación del tipo de drenaje mediante el método de Columna Húmeda. En Minera Bateas S.A.C.”, la misma que planteo a vuestra apreciación y confiar que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.

Luis Fernando Mendoza Apolaya

DNI: 08057564

INDICE GENERAL

PÁGINA DEL JURADO	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	iv
PRESENTACIÓN	v
INDICE GENERAL	VI
RESUMEN.....	VII
ABSTRACT	VII
I.- INTRODUCCION	1
REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	3
TRABAJOS PREVIOS	4
TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA.....	15
1.4 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	22
1.4.1 PROBLEMA GENERAL	22
1.4.2 PROBLEMA ESPECÍFICO.....	22
HIPÓTESIS GENERAL.....	23
HIPÓTESIS ESPECIFICO	23
1.7 OBJETIVO GENERAL.....	23
1.7.1 OBJETIVO ESPECIFICO	23
II.- MÉTODO.....	24
2.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	25
2.1.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	25
2.2 VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN	27
2.3 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	28
2.3.1 POBLACIÓN.....	28
2.3.2 MUESTRA	29
2.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.....	29
2.5.2 PERMEABILIDAD.....	31
2.6.1 PRUEBA ESTÁTICA	33
2.6.2 DETERMINACIÓN DEL pH EN PASTA.....	33

2.6.3 GENERACIÓN NETA DE ACIDEZ (GNA):.....	34
2.6.4 POTENCIAL ÁCIDO (PA):.....	36
2.6.5 POTENCIAL DE NEUTRALIZACIÓN (PN)	36
2.6.6 POTENCIAL NETO DE NEUTRALIZACIÓN (PNN).	37
2.7 MÉTODO DE COLUMNA HÚMEDA EN EL DESMONTE SANTA CATALINA N°2 -9A, DE LA CÍA. MINERA BATEAS S.A.C	38
2.7.1 DETERMINACIÓN DE LA IDENTIFICACIÓN DEL DRENAJE ÁCIDO Y/O ALCALINO EN LA COLUMNA HÚMEDA.....	38
2.7.2 AGENTES QUE INTERVIENEN EN EL DRENAJE DE AGUAS ÁCIDAS POR EL INTEMPERISMO ACELERADO EN LA COLUMNA HÚMEDA EN EL LABORATORIO.....	40
2.7.3 ETAPAS EN LA FORMACIÓN DE DRENAJE ÁCIDO EN EL DESMONTE	40
2.9 CONFIABILIDAD	42
2.10 MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS	43
2.11 ASPECTOS ÉTICOS	43
III.- RESULTADOS.....	44
3.2 RESULTADO DE PERMEABILIDAD.....	46
3.3 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS ESTATICAS EN EL LABORATORIO. 47	
3.3.1 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	47
3.4 RESULTADOS DE LA COMPOSICIÓN MINERALÓGICA DE LOS DESMONTES SANTA CATALINA – N°2- 9A, DE CÍA. MINERA BATEAS S.A.C.	48
3.4.1 INTERPRETACION DEL DIFRAGTOGRAMA DE RAYOS X	50
3.5 RESULTADOS DE COMPOSICIÓN GEOQUÍMICA DEL DESMONTE SANTA CATALINA N°2- 9A.....	50
3.7.4 EVALUACIONES CUANTITATIVAS SEMANALES DE PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS Y METALES LIXIVIADOS DE LOS DESMONTES.....	51
3.7.5 RESULTADOS DE LAS EVALUACIONES FÍSICAS – QUÍMICOS, SULFATOS Y COBRE PRESENTE EN LOS DRENAJES DE LOS DESMONTES SANTA CATALINA N°2 – 9A.	53
3.7.6 RESULTADOS DE METALES Pb, Zn, Fe, Mn, Cd, As, Hg Y Ca EN CADA SEMANA QUE TRANSCURRIÓ LA PRUEBA DE COLUMNA HÚMEDA.....	54
3.8 LAS INTERPRETACIONES DE LOS RESULTADOS	55
3.8.1 COMPORTAMIENTO DEL pH EN CADA SEMANA DE TOMA DE LA MUESTRA EN LA PRUEBA DE COLUMNA HÚMEDA.....	55
3.8.2 INTERPRETACIÓN DEL PH POR SEMANA:	55

3.8.3 COMPORTAMIENTO DE LOS SULFATOS, Fe, Mn Y Ca POR CADA SEMANA EN LA MUESTRA LIXIVIADA EN LA PRUEBA DE COLUMNA HÚMEDA.	56
3.8.4 INTERPRETACIÓN EN EL COMPORTAMIENTO DEL SO ₄ , Fe, Mn Y Ca POR CADA SEMANA.....	57
3.8.5 ESTADÍSTICA DE PRUEBA DE DISTRIBUCION NORMAL PARA MÉTODO CUANTITATIVO DEL COMPORTAMIENTO DEL SO ₄ , Fe, Mn, EXISTENTE EN LA MUESTRA POR CADA SEMANA.	57
3.8.6 COMPORTAMIENTO DEL Pb, Zn Y Cd POR CADA SEMANA EN LA PRUEBA DE COLUMNA HÚMEDA	58
3.8.7 INTERPRETACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL Zn, Pb Y Cd POR CADA SEMANA EN EL CUADRO 25:	59
3.8.8 ESTADÍSTICA DEL COMPORTAMIENTO DEL Zn, Pb Y Cd EXISTENTE EN LA MUESTRA EN CADA SEMANA DE MUESTREO.....	59
3.8.9 COMPORTAMIENTO DEL CU, AS Y HG POR CADA SEMANA EN LA PRUEBA DE COLUMNA HÚMEDA.	61
3.8.10 INTERPRETACIÓN COMPORTAMIENTO DEL Cu, As Y Hg POR CADA SEMANA:.....	61
3.8.11 ESTADÍSTICA DE DISTRIBUCIÓN NORMAL DEL COMPORTAMIENTO DEL Cu, As Y Hg EXISTENTE EN LA MUESTRA EN CADA SEMANA DE MUESTREO.....	62
3.8.12 COMPORTAMIENTO DEL ACUMULADO DE LOS SULFATOS, Fe, Ca, EN LAS 20 SEMANAS EN LA PRUEBA DE COLUMNA HÚMEDA.....	63
3.8.13 INTERPRETACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL SO ₄ , Fe, Ca EN LAS 20 SEMANAS:	63
3.8.14 COMPORTAMIENTO DEL ACUMULADO DE SULFATOS, Zn, Mn Y Ca EN LAS 20 SEMANAS DE LA PRUEBA DE COLUMNA HÚMEDA.....	64
3.8.15 INTERPRETACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL SO ₄ , Ca, Mn, Zn EN LAS 20 SEMANAS:	64
3.8.16 COMPORTAMIENTO ACUMULADO DEL Cu, Pb, Cd, As Y Hg EN 20 SEMANAS EN LA PRUEBA DE COLUMNA HÚMEDA.....	65
3.8.17 INTERPRETACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL SO ₄ , Fe, Ca, Mn, Zn EN LAS 20 SEMANAS:	65
3.8.18 SITUACIÓN FINAL DEL DESMONTE SANTA CATALINA N°2 – 9A.TERMINADA LA PRUEBA DE COLUMNA HÚMEDA.....	65
IV.- DISCUSIÓN.....	67
V.- CONCLUSIÓN.....	70
VI.- RECOMENDACIÓN	72
VII.- PROPUESTA.....	74

VIII.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	76
IX.- ANEXO	82
ANEXO 1.....	83
1.1. INSTRUMENTOS	83
ANEXO 2.....	86
2.1 VALIDACION DE INSTRUMENTOS	86
ANEXO 3: Matriz de Consistencia.....	93

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1: REVISTA INGENIERÍA AMBIENTAL.....	5
FIGURA N° 3: EVOLUCIÓN DE LA ACIDEZ A TRAVÉS DEL TIEMPO.....	8
FIGURA N°4 DEPÓSITOS DE OXIHIDRÓXIDOS DE FE EN AGUAS ÁCIDAS. ...	9
FIGURA N° 5: EVOLUCIÓN QUÍMICA Y BIOLÓGICA	9
FIGURA N°6: LOS MECANISMOS DE BIOOXIDACIÓN DE SULFUROS.	10
FIGURA N° 7: METEORIZACIÓN Y SUELO. GEOLOGÍA FÍSICA.....	15
FIGURA N°8 ESCALA DE PH	18
FIGURA N°9: DESMONTE SANTA CATALINA N°2 – 9A.....	28
FIGURA N° 10: METODO REALIZADO EN EL CUARTEO DE MUESTRA.	29
FIGURA N° 11 : TOMA DE MUESTRAS EN EL DESMONTE SANTA CATALINA N°2 – 9A	30
FIGURA N° 12: ACONDICIONAMIENTO DEL DESMONTE SANTA CATALINA N°2 – 9ª.....	31
FIGURA N°13: MÉTODO DE PERMEABILIDAD	32
FIGURA N° 14: DESARROLLO DE INVESTIGACIÓN.	35
FIGURA N° 15: PRUEBA NAG LISTA PARA REALIZAR MEDICIONES.	35
FIGURA N° 16: PRUEBA DE AZUFRE TOTAL.....	36
FIGURA N° 17: MÉTODO DE TITULACIÓN VOLUMÉTRICA UTILIZANDO INDICADORES.....	37
FIGURA N° 18: ETAPAS DE IDENTIFICACIÓN DE DRENAJE ACIDO.....	41
FIGURA N° 19: LECTURA POR ABSORCIÓN ATÓMICA DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL DESMONTE.....	51
FIGURA N° 20. LIXIVIADOS SEMANALES DE LA COLUMNA HÚMEDA.	51
FIGURA N° 21: ORDENAMIENTO DE LAS MUESTRAS PARA SU ANÁLISIS...	52
FIGURA N° 22: MUESTRA LISTAS PARA SUS EVALUACIONES.....	52
FIGURA N° 23: MIDRIENDO EL PH DE LAS SOLUCIONES EXTRAÍDAS.....	56
FIGURA N° 24: DETERMINACIÓN DE CALCIO POR VOLUMETRÍA.	58
FIGURA N° 25: ROCAS CARBONATADAS VISTAS MACROSCÓPICAMENTE.60	
FIGURA N° 26: ROCAS CALIZAS VISTAS MACROSCÓPICAMENTE	60
FIGURA N° 27: FOTO MICROSCÓPICA PRESENCIA DE CARBONATOS Y PIRITA.	60
FIGURA N° 28: DIGESTIÓN DE MUESTRAS PARA ABSORCIÓN ATÓMICA HG.	61

FIGURA N° 29: COLUMNA HÚMEDA SE OBTUVIERON SOLUCIONES POR 20 SEMANAS.	62
FIGURA N° 30: MIDRIENDO EL PH A LAS EXTRACCIONES DE LAS COLUMNAS.	64
FIGURA N° 31: FOTO MICROSCÓPICA	66
FIGURA N° 33: CALIZA Y CARBONATOS	FIGURA N°34:
PREDOMINAN LOS CARBONATOS.....	66
FIGURA N° 35: REALIZANDO EL RECONOCIMIENTO DEL LUGAR EN EL DESMONTE SANTA CATALINA N° 2 – 9A. LUGAR DONDE SE TOMARÁN LAS MUESTRAS PARA EL ESTUDIO MEDIANTE EL MÉTODO DE COLUMNA HÚMEDA – EN EL LABORATORIO DEL INSTITUTO DE MINERÍA Y MEDIO AMBIENTE DE LA FIGMM – UNI.	83
FIGURA N° 36: TOMA DE MUESTRA EN DESMONTE SANTA CATALINA N° 2-9A.....	85
FIGURA N° 37: PERSONAL DE MINERA BATEAS COLABORANDO EN TOMA DE MUESTRA.	85
FIGURA N° 37: COLUMNA HÚMEDA FABRICADO POR EL AUTOR.....	86
FIGURA N° 38: DESTILADOR FABRICADO POR EL AUTOR.	86

INDICE DE CUADROS

CUADRO N°1: CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA DE ROCAS Y SU MANEJO AMBIENTAL EN ANTAMINA.....	5
CUADRO N°2: CLASIFICACIÓN DEL MÉTODO ABA.....	6
CUADRO N° 3: EVALUACIÓN DE LAS 20 SEMANAS EN LA PRUEBA CINÉTICA DEL PROYECTO.....	7
CUADRO N°4. DETERMINACIÓN DE LA PRUEBA ESTÁTICA	11
CUADRO N°5. IDENTIFICACIÓN DEL DRENAJE ÁCIDO	12
CUADRO N° 6: RESUMEN DE RESULTADOS DE LAS 20 SEMANAS DE EVALUACIÓN:.....	13
CUADRO N° 7: RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS ESTÁTICO DE MINA TUKARI.....	14
CUADRO N°8: VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN.....	27
CUADRO N°9: COORDENADAS DE UBICACIÓN DEL DESMONTE SANTA CATALINA N° 2 – 9A.....	28
CUADRO N°10: CODIFICACION DE MUESTRA.	29
CUADRO N°11: CLASIFICACIÓN DE AGUAS DE MINA.	38
CUADRO N° 12: CARACTERIZACIÓN DE DRENAJES EN FUNCIÓN DEL PH Y EL POTENCIAL DE ACIDEZ/ALCALINIDAD.....	39
CUADRO N°14: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.....	45
CUADRO N° 15: ESTRUCTURA Y CURVA GRANULOMÉTRICA	46
CUADRO N°16: COEFICIENTES DE UNIFORMIDAD Y CURVATURA	46
CUADRO N°17: RESULTADOS DE LAS PRUEBAS ESTÁTICAS.....	47
CUADRO N°18. RESULTADOS DE LA COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA MINERALÓGICA.	48
CUADRO N° 19:.....	49

CUADRO N°20: RESULTADOS DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL DESMONTE STA. CATALINA N°2 -9A.....	50
CUADRO N° 21: RESULTADOS DE PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS, SULFATOS Y COBRE EN LIXIVIADOS DEL DESMONTE STA. CATALINA N°2 – 9A.	53
CUADRO N° 22: RESULTADOS DE CONCENTRACIÓN DE METALES EN SOLUCIONES LIXIVIADAS POR SEMANA.	54
CUADRO N° 23: DISTRIBUCIÓN POR SEMANA DEL PH.	55
CUADRO N° 24: DISTRIBUCIÓN DE SULFATOS, FIERRO, MANGANESO Y CALCIO POR CADA SEMANA	56
CUADRO N° 25: ESTADÍSTICA DE DISTRIBUCIÓN NORMAL	57
CUADRO N° 26: DISTRIBUCIÓN POR CADA SEMANA DE PB, ZN, CD	58
CUADRO N° 27: ESTADÍSTICA DE DISTRIBUCIÓN NORMAL	59
CUADRO N° 28: DISTRIBUCIÓN DEL CU, AS, HG POR CADA SEMANA.....	61
CUADRO 29: ESTADÍSTICO DE DISTRIBUCIÓN NORMAL DEL COBRE Y ARSÉNICO	62
CUADRO N° 30: ACUMULADOS EN LAS 20 SEMANAS DE SULFATOS, FIERRO, CALCIO.....	63
CUADRO N° 31: ACUMULADOS DE SULFATOS, ZN, MN, CA EN 20 SEMANAS	64
CUADRO N°32: ACUMULADOS DE CU, PB, CD, AS, HG EN 20 SEMANAS	65
CUADRO N° 33: CLASIFICACIONES DE PRUEBA ESTÁTICA	68
CUADRO N° 34: UBICACIÓN, PUNTO DE MUESTREO Y TOMA DE MUESTRA.	84
CUADRO N°35: MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	93

RESUMEN

La presente investigación se realizó para identificar el tipo de drenaje que se genera en los desmontes de mina por su geología, composición mineralógica, geoquímica y solubilidad de los metales a través del intemperismo de las rocas, utilizando el método de columna húmeda bajo simulación controlada en el laboratorio del Instituto de Minería y Medio Ambiente de la FIGMM – UNI, las que fueron evaluadas en sus parámetros físico - químicos, pruebas estáticas, neutralización y metales solubles durante 20 semanas cuantitativamente. Teniendo gran importancia los impactos negativos y/o positivos significativos de no realizarse un estudio de caracterización de los minerales generadores de acidez, ya que su proceso de formación es cíclica y perdura por años y afecta a los ecosistemas del medio ambiente. La columna húmeda es un método prospectivo antes del desarrollo de la actividad, durante la operación y el cierre o abandono de la mina.

Palabra clave: columna húmeda, desmonte, intemperismo, mineralogía, tipo de drenaje,

ABSTRACT

The present investigation was carried out to identify the type of drainage generated in the mine clearings due to its geology, mineralogical composition, geochemistry and solubility of the metals through the weathering of the rocks, using the wet column method under controlled simulation in The laboratory of the Institute of Mining and Environment of FIGMM - UNI, which were evaluated in their physicochemical parameters, static tests, neutralization and soluble metals for 20 weeks quantitatively. Significant negative and / or significant impacts of not carrying out a characterization study of the acid-generating minerals are of great importance, since their formation process is cyclical and lasts for years and affects the ecosystems of the environment. The wet column is a prospective method before the development of the activity, during the operation and the closure or abandonment of the mine.

Keyword (s): wet column, clearing, weathering, mineralogy, drainage type,

I.- INTRODUCCION

Los desmontes en una explotación minera son los más abundantes porque generan grandes remociones de tierra para obtener el mineral económico como el oro, la plata, el hierro, el cobre, el zinc entre otros, Teniendo una ubicación en lugares donde no se realizara trabajos de explotación, los botaderos de los desmontes ocasionan impactos ambientales significativos en el medio ambiente. La importancia de la investigación estuvo basado en el estudio de la evolución del intemperismo su composición mineralógica, geoquímica y meteorológica para identificar el tipo de drenaje que se produce. Por lo tanto, se consideró que mediante el método de columna húmeda se puede conocer prevenir y proteger al medio ambiente de impactos severos negativos. Determinando como el principal impacto generado los Drenajes Ácidos de Mina (DAM) a través del intemperismo de roca.

El desarrollo de la investigación mediante el método de columna húmeda determinó la calidad de agua que lixivió la muestra del desmonte Santa Catalina N°2 – 9A a través de 20 semanas mediante la evolución del intemperismo en relación a su geología, geoquímica y composición mineralógica en un proceso acelerado y controlado en el laboratorio. Se identifica el tipo de drenaje que genera el desmonte minero, evaluándose cuantitativamente, como la evolución geoquímica y composición química de las rocas ocasionan transformaciones que generan impactos negativos y/o positivos, utilizando la simulación de un sistema climático controlado. Se tuvo en su proceso aire Húmedo, aire seco y agua, que fueron evaluados en sus parámetros físico – químicos y analíticamente por volumetría y vía clásica e instrumentación por absorción atómica y difracción de rayos X.

El desarrollo de investigación es Experimental – Cuantitativa - Aplicativa. Tiene una duración de 20 semanas. Se inicia con un plan de muestreo que determinara la toma de muestras en la unidad Minera Bateas S.A.C. Caylloma Arequipa, para proseguir y luego transportarlas al Laboratorio del Instituto de Minería y Medio Ambiente de la FIGMM – UNI, lugar donde se realizó el desarrollo de la investigación, ahí se llevaron a cabo las pruebas de laboratorio como el acondicionamiento de la muestra, pruebas estáticas para luego realizar el método de columna húmeda.

REALIDAD PROBLEMÁTICA

La presente investigación se orientó a encontrar el problema que se presenta por la presencia de desmontes mineros que son originados en los proyectos de inversión de actividades mineras, dentro de los cuales se encontraron trazas de minerales generadores de acidez y/o alcalinidad, siendo estas las más resaltantes porque perjudican al medio ambiente como al bienestar humano. Conforme a **WORRALL et al., (2009)**. Cuando la vida útil de una mina termina y cierra sin realizar los estudios para prevenir los posibles impactos en el paisaje físicamente alterados, los desmontes mineros los cuales en un proceso de intemperismo ocasionan contaminación a los cuerpos receptores como lagos ríos, suelos y una mala calidad del agua llegando hacer una problemática que afecta social, económica, ambiental y cultural. **El proyecto Rio Blanco en el norte del Perú, (2009)**. En sus distintas etapas los desmontes contienen desechos de baja ley con una composición mineralógica de sulfuros como la calcopirita y pirita siendo estos potencialmente generadores de lixiviación ácida. También **Herrera, (2007)**. Manifiesta que las actividades antropogénicas son desarrolladas de manera que supera la acción de la naturaleza, llegando a ocasionar impactos irreversibles por todas las transformaciones que se origina por el intemperismo. De acuerdo con, **ROMERO et al., (2013)**. La minería para obtener los metales económicos como oro, plata y cobre es responsable de generar desechos que se caracterizan por tener trazas de minerales asociados a sulfuro como la pirita (FeS_2), pirrotita (Fe_{1-x}S), galena (PbS), esfalerita (ZnS), calcopirita (CuFeS_2) y arsenopirita (FeAsS) que son potencialmente generadores de drenaje ácido y conformados por metales pesados tóxicos (EPT) como arsénico (As), cadmio (Cd), plomo (Pb), cobre (Cu), zinc (Zn), hierro (Fe). En su artículo **L. T. CHAPARRO, (2015)**: manifiesta como los drenajes ácidos vienen hacer una de las problemáticas ambientales nacional e internacional, generando impactos severos en muchos casos irreversibles, debido a su mal manejo de los desmontes mineros que deberían tenerse en cuenta. En concordancia a La problemática de los drenajes ácidos de mina en el Perú los pasivos ambientales son grandes generadores de aguas acidas debido al intemperismo de las rocas. Por consiguiente la minera Bateas inicio un estudio de sus desmontes para identificar la posibilidad de engendramiento de acidez de los desmontes los cuales tienen un volumen de 48000 metros cúbicos ubicados en un

área de 6000 metros cuadrados a una altitud de 4500 msnm los que fueron estudiados utilizando el método de columna húmeda del desarrollo de investigación para tomar una oportuna aplicación de medidas de prevención que resulten beneficiosos tanto para el medio ambiente como para la propia empresa que los genera, debido a las acciones tomadas estos resultaron menos costosas que los planes de remediación. Los residuos que contienen sulfuros son potencialmente generadores del drenaje ácido durante cientos de años. Por tal razón, la columna húmeda ha sido un método aplicado con buenos resultados.

TRABAJOS PREVIOS

En los trabajos previos mencionaremos:

1.1.1 ARANDA, Celedonio. (2006).

En su trabajo de “Caracterización Geoquímica de Rocas y su manejo ambiental en Antamina”. Manifestó que cuando se inició la caracterización geoquímica en Minera Antamina se realizaron trabajos de acuerdo a la legislación ambiental peruana el cual cumplió con la preparación del estudio de impacto ambiental aquí mencionaron la posible generación de aguas ácidas pero de manera teórica, su extracción es de 33000 toneladas de material donde su desmonte es de 2500 toneladas de desecho. Entonces ha sido después de sus avances y actualización de los EIA que se puso en funcionamiento un plan para la disposición de las rocas en las desmonteras las que se basaron en estudios geoquímicos de la composición de las rocas y luego predecir la formación de drenaje ácidos del material y lixiviación de metales pesados las pruebas realizadas fueron estáticas y cinéticas las que fueron evaluadas en laboratorio canadiense y en las pruebas cinéticas se utilizaron pruebas de columnas húmedas en trabajos de campo in situ donde sus celdas se evaluaron con material de 350 Kg., Se realizó en épocas de lluvia siendo variable, la prueba de laboratorio se realizaron en celdas de 2 Kg., de muestra con una granulometría de 2.5 cm y celdas de 10 cm de diámetro, su proceso fue de 3 días de aire seco, 3 días de aire húmedo y un día de reposo y muestreo del drenaje.



Fuente: Aranda Celedonio, 2006

Figura N° 1: Revista Ingeniería Ambiental



Fuente: Aranda Celedonio, 2006

Figura N° 2: Revista Ingeniería Ambiental.

Cuadro N°1: Caracterización Geoquímica de Rocas y su Manejo Ambiental en Antamina

Características de generación	Rangos		
	Azufre en sulfuro	PNN	PN/PA
No genera ácido	< 0.3%	>20 kg CaCO ₃ /ton	>3
Generación de ácido incierto	0.3 – 1.0%	>-20 y <+20 kgCaCO ₃	1 -3
Potencial de generación ácido	>1.0%	<-20 kg CaCO ₃ /ton	<1

Fuente: Revista Ingeniería Ambiental, 2006. (Elaboración Propia)

Interpretación del estudio de la Cía. Antamina en el estudio realizado

Antamina reconoce los impactos negativos que puede ocasionar con la generación de una mala calidad de agua en sus drenajes por tal motivo las pruebas realizadas originaron un programa de prevención para evitar los impactos ambientales a través de un plan y control ambiental a sus desmontes.

1.2.2 EcoMetrix (2011).

En el Estudio de caracterización geoquímica y métodos de tratamiento. Realizado en el Proyecto Valentines. Para minera Aratiri - Uruguay. Se tomaron muestras para realizar el método ácido - base en su inicio, también se realizó la prueba de precipitación sintética en 11 muestras y en 9 muestras el potencial de acides por el método de columna húmeda en un composito de la muestra, se realizaron difracción de rayos X en 5 muestras. Los resultados del balance ácido – base demostraron que no eran generadores del drenaje ácido, siendo su índice de potencial de neutralización y potencial de acides mayor que 1 los cuales fueron de 15 y 70 Kg CaCo₃/L. los que fueron utilizados con rocas entera, con un contenido de 0,03% S. los estudios de la geología corrobora la poca presencia de azufre en el yacimiento, y la presencia de sulfatos casi nula en las celdas húmedas los que dieron como resultado la no generación del drenaje ácido. Los criterios para el método ABA son tomados del potencial de acidez (PA), potencial de neutralización (PN) y relación PN/PA. Estos criterios son utilizados según la tabla del cuadro N°2. Los cuales determinaron cómo fue el tipo del drenaje.

Cuadro N°2: Clasificación del método ABA

Parámetro	Color	Rango	Descripción
PN/PA	0	$2 < PN/PA$	No presenta potencial para generación de acidez
	0	$1 < PN/PA < 2$	Potencial para generación de acidez incierto
	0	$PN/PA < 1$	Presenta potencial de acidez
PNN	0	$20 < PNN$	No presenta potencial para generación de acidez
	0	$20 < PNN < 20$	Potencial para generación de acidez incierto
	0	$-20 > PNN$	Presenta potencial para generación de acidez.

Fuente: Proyecto valentines Uruguay. (Elaboración Propia)

Cuadro N° 3: Evaluación de las 20 semanas en la prueba cinética del proyecto.

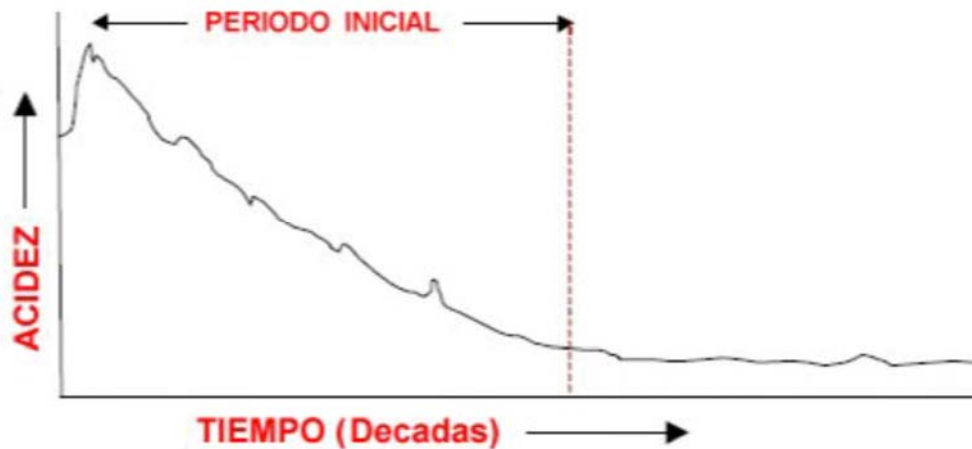
Sampling Date	Week	DI Water		Temperature °C
		pH	EC (µS/cm)	
Detection Limits		0.5	0,5	N/A
08-Nov-10	0	5.70/5.69	1.13	21.5
15-Nov-10	1	5.87/5.76	1.26	20.5
22-Nov-10	2	5.67/5.64	1.06	20.3
29-Nov-10	3	5.73/5.80	1.26	20.9
06-Dic-10	4	5.59/5.57	0.92	20.3
13-Dic-10	5	5.57/5.64	1.22	20.9
20-Dic-10	6	5.66/5.71	1.17	20.3
27-Dic-10	7	4.93/5.01	1.27	20.7
03-Ene-11	8	5.76/5.69	1.087	20.8
10-Ene-11	9	5.47/5.73	1.14	20.2
17-Ene-11	10	5.47/5.73	1.13	20.7
24-Ene-11	11	5.75/5.59	1.04	21.0
31-Ene-11	12	5.47/5.73	1.24	20.5
07-Feb-11	13	5.75/5.59	1.28	21.3
14-Feb-11	14	5.98/6.01	1.18	20.8
21-Feb-11	15	5.92/5.96	0.97	21.2
28-Feb-11	16	5.93/5.88	1.08	20.4
07-Mar-11	17	5.79/5.71	0.97	21.2
14-Mar--11	18	-	-	-
21-Mar--11	19	-	-	-
28-Mar-11	20	-	-	-

Fuente: Proyecto Valentines Uruguay. (Elaboración Propia)

Interpretación: El proyecto valentines concluyo que la mina Aratiri no generaba drenaje acido porque su geología contenía buena cantidad de carbonatos los cuales llegaban a neutralizar la acidez. Donde se observó la no conclusión de la prueba de columna húmeda.

1.2.3 INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO, (2006).

El Drenaje ácido de mina su generación y tratamiento en los estudios de ensayos estáticos y Cinéticos fueron predominantes para Identificar el tipo del Drenaje y tener una toma de decisiones de la remediación en la mina, ya que el ensayo cinético reproduce condiciones naturales en la reacciones de oxidación, teniendo como funcionamiento más cantidad de muestra en el estudio y son utilizados en tiempos más largos en el proceso de los cuales sirven para evaluar diferentes variables.



Fuente: Instituto Geológico y Minero de España. Madrid, 2006.

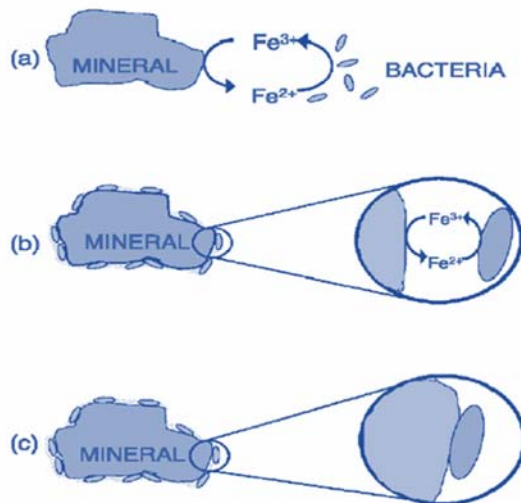
Figura N° 3: Evolución de la acidez a través del tiempo

Se observa en la figura tres que la acidez puede ocurrir durante mucho tiempo muchas veces se vuelve irreversible generando impactos significativos negativos irrecuperables. Teniendo como proceso la capacidad de insolubilidad que estará dependiendo de las condiciones de oxidación-reducción y de la composición del agua. Su comportamiento se basa en el principio que un compuesto puede ser soluble en condiciones oxidantes pero insoluble en condiciones reductoras. Cuando actúan las bacterias entonces su acción se vuelve un catalizador de la reacción por tal razón estas se vuelven incontrolables, así el agua se vuelve de color rojiza generando lodos como podemos apreciar en la figura N° 4.



Fuente:

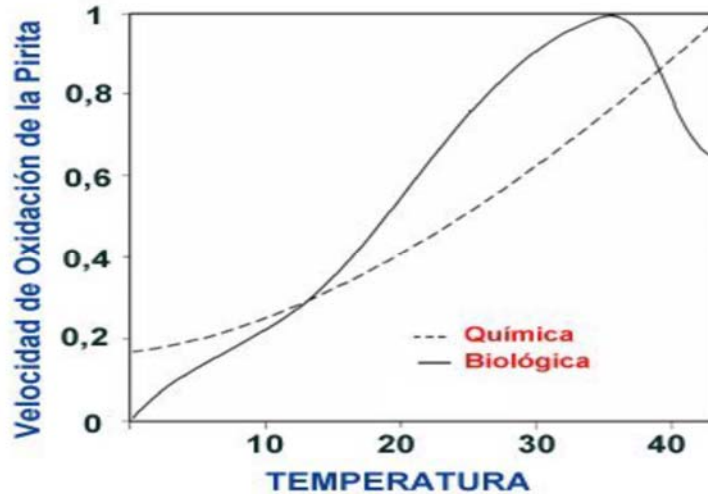
Instituto Geológico y Minero de España. Madrid, 2006.
 Figura N°4 depósitos de oxihidróxidos de Fe en aguas ácidas.



Fuente: Instituto Geológico y Minero de España. Madrid, 2006.

Figura N° 5: Evolución química y biológica

En la figura cinco podemos apreciar como la geoquímica llega hasta la activación bacteriana realizando variaciones apreciables en su temperatura las cuales originan un intemperismo acelerado en oxidación generando drenaje ácido.



Fuente: Instituto Geológico y Minero de España. Madrid, 2006.

Figura N°6: Los Mecanismos de Biooxidación de Sulfuros.

La generación del ácido sulfúrico, estabiliza el pH del sistema generando un lugar propicio para el desarrollo de la bacteria *Thiobacillus ferrooxidans*. Los ensayos cinéticos previos se realizaron reproduciendo condiciones naturales. En el instituto de España se utilizaron modelos matemáticos y simuladores del clima, se midieron parámetros físicos – químicos obtuvieron curvas de la acidez en drenajes de mina.

Interpretación del estudio en el Instituto Geológico y minero de España

Los ensayos estáticos y cinéticos proporcionaron datos importantes para empezar una remediación en la mina en estudio y sus pasivos ambientales en España.

Obteniéndose una buena calidad ambiental recuperando la flora, fauna terrestre y la belleza paisajística. (Osvlado Aduvire INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA. MADRID, 2006).

1.2.4 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA. INSTITUTO DE MINERÍA Y MEDIO AMBIENTE, (2012).

En la prueba estática y cinética de desmontes chupa, igloo1 y igloo2 de la empresa minera los quenuales s.a., unidad minera iscaycruz, Ubicado en el distrito de Pachangara, Provincia de Ayón, Yacimiento Polimetálico que se encuentra a una altura de 4700 msnm, Se realizaron primero la caracterización geoquímica de los **DESMONTE CHUPA, DESMONTE IGLOO1, DESMONTE IGLOO2**, luego se realizaron el estudio de la composición química de los desmontes, distribución granulométrica y composición mineralógica. Para continuar con las pruebas estáticas y así determinar el tipo del drenaje que podrían lixiviar los desmontes, llevándose a cabo pruebas como la generación neta de acidez. Terminada estas pruebas se procedió acondicionar la muestra para realizar la prueba cinética de los desmontes teniendo una duración de 20 semanas simulando un proceso de oxidación con aire seco, húmedo y agua. Realizando las extracciones semanales. Los que fueron evaluados cuantitativamente en los parámetros físico-químicos, metales, sulfatos, alcalinidad. En la prueba de laboratorio se obtuvo los siguientes datos:

Cuadro N°4. Determinación de la prueba estática

Desmontes	pH en pasta	%S	PN	PA	PNN	PN/PA
Chupa	7,2	3,36	28,13	105,00	- 76,87	0,27
Igloo1	6,5	3,96	37,81	123,75	-85,94	0,31
Igloo2	6,8	4,14	71,87	129,37	-57,50	0,56

Fuente: Instituto de Minería y Medio Ambiente, FIGMM – UNI, 2012. (Elaboración Propia)

Donde:

PN = Potencial de neutralización

%S = Porcentaje de azufre como sulfuro

PA = Potencial de acidez

PNN = Potencial neto de neutralización

Posibilidad de drenaje ácido en desmontes

Determinado en base a los resultados del potencial neto de neutralización de las muestras que depende del balance de minerales neutralizantes y sulfuros, considerando:

Como $PNN = PN - PA$

Si $PNN > +20$; la muestra NO GENERA DRENAJE ÁCIDO

Si $PNN < -20$; la muestra GENERA DRENAJE ÁCIDO

Si $-20 < PNN < +20$, muestra de comportamiento INCIERTO

De acuerdo a estas consideraciones se pudo establecer la posibilidad de generación de drenaje ácido de las muestras de desmonte en presencia de agua, oxígeno y actividad de las bacterias. (Instituto de Minería y Medio Ambiente, FIGMM – UNI. 2012).

Resultados de la prueba estática:

Cuadro N°5. Identificación del drenaje ácido

Desmontes	Predomina	PN/PA	PNN /KgCaCO₃/TM	Drenaje Acido
Chupa	Sulfuros	0,27	-76,87	Si
Igloo1	Sulfuros	0,31	-85,94	Si
Igloo2	Sulfuros	0,56	-57,50	Si

Fuente: Instituto de Minería y Medio Ambiente, FIGMM – UNI, 2012. (Elaboración Propia)

Interpretación de los estudios de Minera Los Quenuales S.A., Unidad Minera Iscaycruz

Durante las 20 semanas que duro la evaluación se observó la distribución del pH de los drenajes de los desmontes Chupa, Igloo1, Igloo2 en valores que variaron de 3,4 – 4,7; 3,9 – 2.20; y 3,7 – 4,8; esto está caracterizado por valores máximos y mínimos de pH ácidos producto del intemperismo acelerado y la oxidación generando soluciones ácidas. (Fuente: Instituto de Minería y Medio Ambiente, FIGMM – UNI, 2012).

1.2.5 VECTOR PERU S.A.C. (2008).

Ausenco Group Company. Los ensayos cinéticos para determinar el drenaje ácido de roca en la Mina tukari. Aruntani S.A.C, se localiza en el cerro Tukari, en las quebradas Margaritani y Apostoloni, que dan origen al río Queullirijahuria.

Departamento de Moquegua, que pertenece a la cuenca del Pacífico teniendo una ubicación al SSW de la ciudad de Puno. Aquí se realizaron estudios de caracterización geoquímica para prevenir en las operaciones mineras existentes y futuras generación de drenajes ácidos de mina en sus desmontes. La metodología empleada se inicia con el método estático el cual nos da información sobre la química de la roca y su potencial de generación de acidez sin considerar el tiempo. Luego utilizaron pruebas cinéticas con celdas húmedas a largo plazo. En el estudio se realizaron las siguientes determinaciones: El ensayo de pH, potencial neto de neutralización, el potencial neto de acidez calculado en toneladas de CaCO_3 . también se realizaron pruebas de lixiviación a corto plazo como el Procedimiento de precipitación sintética (SPLP) y el ensayo ácido-base (ABA).

Cuadro N° 6: Resumen de Resultados de las 20 Semanas de Evaluación:

unidad infraestructura	semana	S%	PN/PA	pH (Rango a través del tiempo)						Producción de sulfato ($\text{m}^3/\text{kg}/\text{semana}$)					
				Semana 0	Semana 20	Menor valor		Mayor valor		Semana 0	Semana 20	menor		mayor	
						semana	valor	semana	valor			semana	cantidad	semana	cantidad
Pad de lixiviación N°2	20	0.29	0	4.31	4.34	1	3.96	12	4.64	308	4	20	4	1	437
desmonte	20	4.34	-0.06	3.40	3.51	14	3.34	1	3.94	3411	75	6	63	0	3411
Superficie final del tajo	20	5.01	-0.03	3.35	3.76	0	3.36	6	4.64	2852	72.8	20	72.8	0	2852

Fuente: Informe de VECTOR S.A.C.TUKARI. (Elaboración Propia)

Cuadro N° 7: Resumen de Resultados de Ensayos Estático de Mina Tukari.

Unidad de infraestructura	pH pasta	Azufre %	Potencial neto de neutralización	Geoquímica mayor	Geoquímica menor	Observaciones significativas
Desmante	4.1	4.2	-44(máx) -378(min) -172(medio) - 153(mediano)	64% SiO ₂ 14.3% Al ₂ O ₃ 4.5% Fe ₂ O ₃ 2.3% k ₂ O 12.6% LOI	1.-As,Ba,Pb y Sr Elevados en la mayoría de muestras 2.- Co,Cr,Cu,Hg, Ti y Zn Elevados en gran parte de las muestras	1.- potencial de neutralización no disponible (PN). 2.- La mayoría de las muestras tienen PN negativo. Esto indica que las muestras han estado generando ácido. 3.- El pH de 4.1 de la pasta es mayor indicio de que ya existe acidez. 4.- El PNN medio de -172 CaCO ₃ /ton del desmante indica que el desmante tiene potencial de generar ácido. 5.- Contenido alto de metales pesados que podrían lixiviar bajo condiciones ácidas. 6.- Alta pérdida por ignición probablemente debido a la presencia abundante de jerosita.

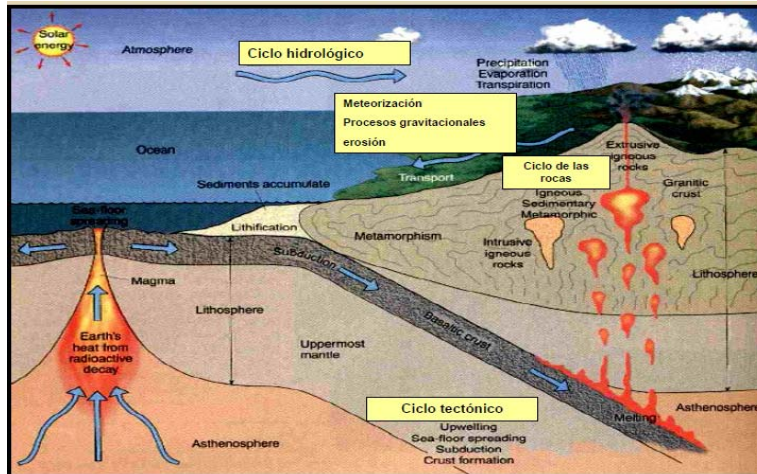
Fuente: Informe de VECTOR S.A.C. TUKARI (Elaboración Propia)

INTERPRETACION DE LA PRUEBA REALIZADA EN TUKARI.

Se aprecia en los resultados del desmante en la prueba estática que se genera drenaje ácido con un resultado negativo, en el resultado anterior se ve un potencial neto de neutralización también negativo entonces podemos concluir que tienen minerales potencialmente generadores de drenaje ácido.

TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA

INTEMPERISMO.- Procesos de destrucción y descomposición que sufren las rocas y minerales en la litosfera al exponerse al aire, agua y agentes orgánicos. Los cuales cumplen ciclos geológicos:



Fuente: Pérez Rojas A.

Figura N° 7: Meteorización y suelo. Geología Física.

El Intemperismo se clasifica en tres tipos: 1).- Intemperismo Físico. Comprende la desintegración mecánica de las rocas por acción del clima (cambios de temperatura) sin llegar a realizar cambios en su composición mineralógica. 2).- Intemperismo Químico. Podemos observar en este proceso la oxidación y disolución de los componentes de los minerales en las rocas transformándolas en sustancias diferentes. 3).- Intemperismo Biológico. Estos son producto de los efectos físicos y químicos por bacterias que se forman en las rocas produciendo ácidos que contribuyen a las transformaciones en diferentes sustancias. (Mateo G., 2008)

GEOLOGÍA.- Es la ciencia de la tierra, estudia su composición su estructura y los fenómenos que han pasado y ocurren hasta la actualidad, siendo muchos de ellos producidos como consecuencia de las actividades antropogénicas, y su medio geológico. La necesidad de estudiar geológicamente los terrenos como base de partida para los proyectos de gran envergadura, sirven como soporte para conocer el desarrollo de la naturaleza inorgánica de la tierra y las rocas, basándose en el

mundo actual para obtener un aprovechamiento racional de los recursos naturales de un país. (Rivera M., 2001).

GEOQUÍMICA.- Es el conocimiento de cómo está compuesto el interior de la tierra, el origen, distribución y evolución de los elementos químicos, contenidos en los minerales formadores de las rocas y en los productos derivados de ellas esto viene hacer el estudio de la geoquímica. Geoquímica es todo cambio y perturbación del equilibrio y la creación de un nuevo sistema. Este es el campo de dominio de la geoquímica determinar cómo y cuándo ocurrirán, Observar los fenómenos esperar y registrar sus resultados. Su propósito es cuantitativo descubre leyes que rigen la distribución de los elementos de manera individual bajo materiales terrestres, tales como rocas, aguas y atmosfera (Brian M., 2001).

MINERALOGÍA.- La mineralogía es la identificación de minerales su clasificación. Las propiedades físicas como las propiedades químicas de los diferentes minerales que se encuentran en la biosfera, para clasificarlos de acuerdo a su utilidad, su peligrosidad, su vida útil, su ubicación. La importancia de la mineralogía es saber su distribución en la naturaleza y los beneficios que podría aportar como recurso natural reconociéndolos por su dureza, colores, reacciones y cantidades que pueden ser económicamente rentables para un proyecto de inversión y poder ser explotados de manera sostenible (Cornelius S. Hurbut, JR.,2002).

DESMONTE.- Son los desechos de material estéril que se generan producto de las acciones de construcción, operación y cierre de una actividad. El material de desmonte es el que no ha pasado por ningún proceso, son solo rocas con trazas de contenido metálico y tierra movida por lo que podrían generar impactos negativos y/o positivos sobre los factores del medio ambiente que los rodea. Sin embargo, se depositan en zonas especiales acondicionadas para este propósito y son monitoreadas continuamente (Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía, 2008).

MINERAL.- Sólido de estructura homogénea constituido de manera natural por evolución inorgánica, con una combinación química determinada y un arreglo

atómico sistematizado, los cuales son cristalinos conformado por una sola sustancia por lo que son definidos. Esto quiere decir que se representan por una sola fórmula química específica. (J.Dana, 2002).

GRANULOMETRÍA.- Es el análisis cuantitativo que se realiza a los distintos tamaños de partículas mediante el uso de mallas estandarizadas por la British Standards Institution utilizando la metodología de ASTM 422 las cuales nos proporcionan los pesos en porcentajes, una muestra representativa se obtiene bajo metodologías, como un cuarteo, para obtener una muestra de tamaño adecuado para los distintos estudios a realizar (Villanueva A., 2004).

DRENAJE DE ROCAS.- La composición mineralógica y su ambiente atmosférico determinan los cambios químicos en la geoquímica de las rocas los cuales al solubilizarse generan distintos tipos de drenajes que pueden impactar al medio ambiente ocasionando deterioro en los ecosistemas terrestres, acuáticos y aéreos ya que su intemperismo en la evolución de la geoquímica puede presentarse a largo plazo y muchas veces muy duraderos hasta volverse un impacto irrecuperable (Ministerio de Energía y Minas, 2000).

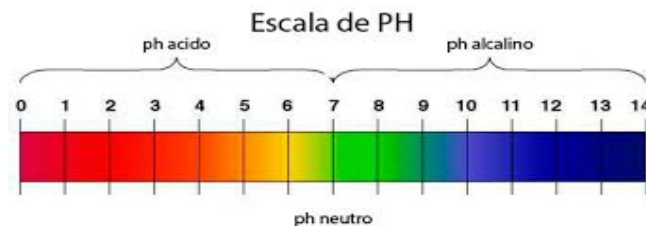
SISTEMA CLIMÁTICO.- El clima viene hacer el conjunto de variables meteorológicas de la tierra, es la expresión de un amplio sistema físico, cuyo funcionamiento está dominado por los intercambios energéticos. Hoy en día hablamos de sistema climático por la interacción que ocurre entre ellos intercambiando masa, energía y cantidad de movimiento. La atmosfera, es la capa gaseosa que cubre la tierra, la hidrosfera, está formado por todo el agua que existe en los océanos, lagos, ríos, aguas subterráneas; la Criosfera, que corresponde al agua en forma sólida nieve, hielo, la Litosfera, que incluye los continentes y la Biosfera, formada por la fauna y la flora de continentes y océanos (Jose M.^a Cuadrat * M.^a Fernanda Pita, 2001).

ATMÓSFERA.- Es la envolvente gaseosa que está constituida por capas con variables de compresión, temperatura, densidad, composición química, estado molecular eléctrico y magnético, siendo el lugar donde ocurren los eventos del

tiempo y del clima, forma el componente central del sistema, siendo el más inestable por baja densidad y fácil desplazamiento, llegando a ser importante porque es esencial en el equilibrio energético en la tierra ya que sirve de control de la energía que entra y la que se refracta de la tierra, teniendo un desequilibrio en la temperatura entre el ecuador y los polos, estando conformada por gases y agua y demás componentes que intervienen en las distintas transformaciones físicas, químicas y biológicas (Jose M.^a Cuadrat * M.^a Fernanda Pita, 2001).

TEMPERATURA.- Es una cualidad que determina el movimiento y dirección del flujo calorífico entre dos cuerpos, teniendo mucho cuidado de no confundirlo con calor porque es una forma de energía, la variabilidad de temperatura de los cuerpos no es igual en todos, conociéndose al agua como uno de los cuerpos de mayor calor específico (Jose M.^a Cuadrat * M.^a Fernanda Pita, 2001).

pH.- Es un parámetro químico que debe tenerse en consideración para determinar con exactitud magnitudes de ácidos o alcalinidad en procesos de transformación química y biológica su variación puede ser un indicador de lixiviación de metales tóxicos y pesados (Walsh Perú S.A., 2012).



Fuente: Walsh Perú S.A., 2012.

Figura N°8 Escala de pH

pH EN PASTA.- Es un parámetro químico que nos proporciona la cuantificación del estado real de una muestra de manera total antes de ocurrir una oxidación de las transformaciones que se llevan a cabo en la prueba de columna húmedas (Ministerio de Energía y Minas, 2000).

GENERACIÓN NETA DE ACIDES (GNA).- Es el método para identificar la presencia de sulfuros en la muestra antes de iniciar los análisis de la prueba de columnas húmedas, si tuvieran un pH de 2, 1.8 entonces tendríamos una acidez natural la prueba de acidez es realizada en el laboratorio. Con este procedimiento se puede predecir la generación de acidez en el proceso de prueba. (ASTM D1067 – 11, Métodos de Prueba Estándar para la Acides o Alcalinidad).

POTENCIAL DE NEUTRALIZACIÓN (PN).- El potencial de neutralización (PN) se mide por titulación de la muestra su volumen, normalidad del ácido y la base añadidos. Son reacciones de la muestra acida y/o alcalina para determinar su neutralización (ASTM D1067 – 11, Métodos de Prueba Estándar para la Acides o Alcalinidad).

POTENCIAL NETO DE NEUTRALIZACIÓN (PNN).- El método modificado consiste en determinar la cantidad de sulfuros y carbonatos o carbono en una muestra de roca en estado sólido. El cual establece el potencial de generación de ácido (PA), y el potencial de neutralización (PN). Estos determinan el potencial neto de neutralización (PNN), los datos son llevados a un cociente PN/PA. Cuyos valores son comparados con valores referenciales existentes (Sobek et al – US. EPA - ABA).

METALES PESADOS.- La mayoría de los metales presente como contaminantes en el agua se caracterizan por su alta capacidad eléctrica, alto pH y temperatura, no obstante, es más habitual utilizar una explicación más grande que dice que un mineral es un elemento que liberara uno o más electrones para formar un catión en una solución acuosa. En periodos que generan sus impactos ambientales, los metales pesados de más importancia son el plomo (Pb), cadmio (Cd), mercurio (Hg), el arsénico (As), el cromo (Cr), el hierro (Fe), el cobre (Cu), el manganeso (Mn) y zinc (Zn). Algunos de estos minerales, como el cromo, hierro, son nutrientes esenciales en nuestra alimentación, que en dosis muy altas, causan daños y efectos adversos en los ecosistemas, son poco degradables haciéndose más estables, lo cual permite que se transporten a distancias considerables. Cuando los metales pasan a formar parte de la cadena trófica se vuelve más peligroso porque

pueden utilizarse como alimentos. La forma de eliminar los metales cuando estos se encuentran en nuestro organismo es por medio de los riñones de las personas. Las partículas pueden inhalarse, como ocurre a menudo con el caso del plomo, y pueden ser ingeridas dependiendo de algún modo del tamaño particular en cuestión, y el modo concreto en el que se manifiesta. (Gilbert M. Masters, Wendell P. Ela, 2008)

PRUEBA CINETICA.- Las pruebas cinéticas se utiliza para identificar, diagnosticar, evaluar y prevenir la calidad del agua de drenaje de una muestra, utilizando la simulación de las condiciones cambiantes a través del tiempo en el laboratorio empleando columnas bajo condiciones controladas de laboratorio. El control de los datos obtenidos de estos componentes es útil para realizar las medidas correctoras antes que se inicie la actividad (ASTM D5744 – 96 Método de Prueba Estándar para Intemperismo Acelerado de Materiales Sólidos Utilizando una Celda de Humedad Modificado).

PRUEBA DE LIXIVIACION (SPLP) PROCEDIMIENTO DE PRECIPITACION SINTETICA.- Es una solución acuosa de ácidos sulfúrico y nítrico, que simulan una lluvia acida la que se realiza en un tiempo de 18 horas controlados en laboratorio a temperatura de 25°C y 30 rpm de agitación. (Publicación EPA SW – 846).

LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE (LMP).- Concentración o grado de contaminación con elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan por ser vertidos de manera puntual en un efluente como en la actividad minero – metalúrgicas, y que al ser excedida causan daños a los ecosistemas y al bienestar humano y al ambiente. Su ejecución es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el sistema de gestión ambiental (MINAN, D. S. N° 010 – 2010).

PERMEABILIDAD.- Nos permite calcular la capacidad por lo que el agua puede fluir a través de los poros del suelo en función a su textura sin relacionarla con su estructura. Utilizando un coeficiente de permeabilidad como una medida de rechazo del flujo ofrecida por el suelo. (Whitlw Roy, 2000).

ESTÁNDAR DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA).- Establece el nivel de concentración de sustancias considerando parámetros físicos, químicos y biológicos, concurrentes en el aire, agua y suelo, en su estado de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al medio ambiente. De acuerdo el parámetro en particular a que se refiera, la concentración podrá ser expresada en máximos, mínimos rangos. El ECA es de ejecución en el diseño de las normas legales y las políticas públicas. Es un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental. No se otorga la certificación ambiental establecida mediante la Ley del sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental, cuando el respectivo EIA concluye que la implementación de la actividad implicaría el incumplimiento de algún estándar de calidad ambiental.

Los programas de Adecuación y Manejo Ambiental deben considerar los Estándares de Calidad Ambiental al momento de establecer los compromisos establecidos. Ninguna autoridad judicial o administrativa podrá hacer uso de los estándares nacionales de calidad ambiental, con el objeto de sancionar bajo forma alguna a personas jurídicas o naturales, a menos que se demuestre que existe causalidad entre su actuación y la transgresión de dichos estándares. Las sanciones deben basarse en el incumplimiento de obligaciones a cargo de las personas naturales o jurídicas, incluyendo las contenidas en los instrumentos de gestión ambiental (Ley General del Ambiente. Ley N° 28611).

MÉTODO DE COLUMNA HUMEDA.- El objetivo del método de columna húmeda utilizado en el desarrollo de investigación es caracterizar la geoquímica a través del tiempo con relación a la mineralogía para identificar el tipo del drenaje que se produce por las transformaciones que origina el intemperismo en un sistema climático controlado en el laboratorio el cual puede extrapolar los datos al estudio real de campo, llegando a solucionar impactos en el medio ambiente, teniendo importancia la toma de muestra, ya que de esta depende los resultados que se originan en sus etapas que se realizan en el laboratorio como son la prueba estática que define el comportamiento geoquímico del DAR, seguido de la prueba del pH en pasta que define es estado de cómo se encuentra la muestra antes de llevar acabo

el método de columna humedad. Que es la que determina a través del tiempo el tipo del drenaje a generar.

1.4 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

El método de columna húmeda tiene como aporte principal conocer, prevenir y proteger el medio ambiente de impactos negativos, digna para una toma de decisiones en proyectos de inversión en sus distintas etapas, como el Perfil, Prefactibilidad, Factibilidad, Ejecución del proyecto y Cierre; también en las extensiones de nuevos EIA, que no fueron tomados en cuenta para realizar planes de control y no perjudicar los ecosistemas con impactos ambientales significativos. En la minera Bateas resulto beneficioso el método de columna húmeda porque se evitaron acciones correctivas de costos elevados como los de remediación, del paisaje físicamente alterado, al identificarse el tipo de drenaje de aguas alcalinas que lixiviara el desmonte Santa Catalina N°2 – 9A .

La Columna Húmeda, el sistema de simulación climática el equipo para la obtención de agua destilada fueron diseñados y fabricados por el autor del desarrollo de investigación convirtiéndose en un aporte importante en el desarrollo de investigación del método de columna húmeda.

1.4.1 PROBLEMA GENERAL

¿Cómo el intemperismo con la geoquímica a través del tiempo genera drenajes ácidos en los desmontes de la Compañía Minera Bateas S.A.C.?

1.4.2 PROBLEMA ESPECÍFICO

¿Cómo interviene el clima en la lixiviación del drenaje alcalino y/o ácido de mina en los desmontes de la Cía. Minera Bateas S.A.C.?

¿De qué manera la geoquímica y la granulometría del desmonte generan el drenaje ácido de mina de los desmontes de la Cía. Minera Bates S.A.C.?

¿Cómo la composición mineralógica mediante el intemperismo físico, químico y biológico interviene en el drenaje ácido de mina en los desmontes de la Cía. Minera Bateas S.A.C.?

HIPÓTESIS GENERAL

El Intemperismo genera drenajes ácidos en los desmontes de la compañía minera Bateas S.A.C.

HIPÓTESIS ESPECÍFICO

- La composición Mineralógica producirá drenaje ácido por el intemperismo de los desmontes de la Cía. Minera Bateas S.A.C.
- La geoquímica ocasiona drenaje ácido de mina en los desmontes de la Cía. Minera Bateas S.A.C.
- La solubilización genera el drenaje ácido de mina en los desmontes de la Cía. Minera Bateas S.A.C.

1.7 OBJETIVO GENERAL

El intemperismo en sus tres etapas Identificará el tipo de drenaje ácido y/o alcalino de mina en los desmontes en la Compañía Minera Bateas S.A.C.

1.7.1 OBJETIVO ESPECIFICO

- Identificar la mineralogía potencial que genera drenaje ácido de mina en los desmontes de la Cía. Minera Bateas.
- Caracterizar la geoquímica para determinar el drenaje ácido de mina producido a través del tiempo por el intemperismo de los desmontes de la Cía. Minera Bateas S.A.C.
- Determinar la presencia de minerales consumidores de ácidos en el drenaje ácido de minas que produce el intemperismo de los desmontes de la Cía. Minera Bateas S.A.C.

II.- MÉTODO

El método de Columna Húmeda realizado en la muestra del desmonte Santa Catalina N°2 -9A de la Compañía minera Bateas S.A.C., filial de Fortuna Silver Mines Inc. Minería polimetálica ubicada en el distrito de Caylloma al sur del Perú – Arequipa. Fue puesta la muestra al intemperismo acelerado bajo condiciones controladas de laboratorio para identificar el tipo de drenaje y determinar su impacto negativo y/ positivo. Las cuales fueron evaluadas en 20 semanas, utilizando métodos cuantitativos, por vía clásica, volumétrica, instrumental por Absorción Atómica y difracción de rayos X.

2.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño de investigación que se utilizó se refiere a la identificación del tipo de drenaje a través del proceso de intemperismo para responder al problema de investigación asimismo alcanzar los objetivos y dar respuestas a las interrogantes que se han planteado. El diseño de investigación planteado es experimental.

Para nuestro desarrollo de investigación experimental consideramos a Campbell y Stanley que utiliza la siguiente simbología.

R: Asignación aleatoria

X: Tratamiento, condición experimental.

G: Grupo de personas.

Tenemos nuestro diseño de investigación en el siguiente

.



2.1.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Experimental: La investigación es experimental, desarrolla un sistema de simulación para explicar el diseño a utilizar en el problema ambiental que pueda ser dañado si no se realiza las acciones prospectivas, aplicando nuevas tecnologías y procedimientos.

Cuantitativa: Porque utiliza métodos analíticos de vía clásica, volumétrica e instrumental cumpliendo metodologías nacionales e internacionales en sus resultados obtenidos en los estudios realizados en los desmontes mineros identificando impactos severos significativos.

Aplicativa: Está en función a lo desarrollado en la investigación realizada la cual se adapta a los cambios, transformaciones y en objetivos prácticos inmediatos para solucionar problemas de impacto ambiental de nuestra problemática de la realidad.

El tipo de investigación se diseña con preprueba - posprueba y grupo de control, donde es aplicada al grupo experimental incluyendo al control, siendo cuantitativamente asignado a la muestra. Por lo tanto, es aplicado por la pos prueba.

El tipo de investigación tiene su diagrama siguiente:

RG₁	O₁	X	O₂
RG₂	O₂	-	O₄

VENTAJAS:

- Los datos obtenidos en la prueba estática (preprueba) se emplean para controlar el desarrollo de la posprueba.
- Podemos controlar todas las fuentes de invalidación interna de experimentación.

2.2 VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN

Cuadro N°8: Variables, operacionalización

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala
Identificación Del tipo de drenaje en los desmontes	<p>Drenaje La solubilización de los metales contenidos en los minerales disminuyen el pH por debajo del neutro promoviendo lixiviaciones acidas/básicas (Ministerio de Energía y Minas, 2000)</p>	La mineralogía que existe en los minerales y su geoquímica que determinan el tipo del drenaje que solubilizan a los metales existentes.	Mineralogía	dureza, color, brillo, reacciones, cantidades	Mohs nm %,ppm
			Geoquímica	atmosfera Temperatura pH composición química Bacterias	hPas °C Acido/base %
			Solubilidad	Metales pesados Temperatura Organolépticos Potencial Redox Conductividad Concentración SPLP	mg/l °C Color color sabor mv µS/cm mg/l
Intemperismo De los desmontes	<p>Intemperismo Suma de procesos de desintegración física o descomposición química de las rocas y su composición, que al entrar en contacto con la atmosfera, agua y el aire ocasionan cambios sustanciales en otras transformaciones. Se clasifica en: Intemperismo físico, intemperismo químico, intemperismo biológico. (Mateo Gutiérrez Elorza, 2008).</p>	Cuando los desmontes son sometidos a simulaciones climáticas en las columnas húmedas se acelera el intemperismo dando como resultados los cambios en los minerales que se encuentran estrechamente relacionados con el tipo de drenaje.	Meteorología	Temperatura Atmosfera	°C hPas
			Granulometría	Tamaño de la roca	Pulgadas
			PNN	PN, PA	kg/tm, %S
			Presencia de minerales consumidores de acidez	Ca, Mg, CO ₃ pH Temperatura Organolépticos Potencial Redox Conductividad Concentración	mg/l acido/base °C Color Olor Sabor mv mg/l
			Clasificación De intemperismo	Físico Químico Biológico	°C mm/año acido/base

Fuente: Desarrollo de la investigación. (Elaboración Propia)

2.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

2.3.1 POBLACIÓN

La población estuvo conformado por el desmonte Santa Catalina N°2 de la Compañía Minera Bateas S.A.C., la cual es codificada como 9A y se encuentra ubicada de acuerdo a los datos adjuntos en nuestro cuadro:

Cuadro N°9: Coordenadas de ubicación del desmonte Santa Catalina N° 2 – 9A

Código	DESMONTES	Coordenadas		ALTITUD Metros sobre nivel del mar	AREA Metros cuadrados	VOLUMEN Metros cúbicos
		Norte	Este			
9	SANTA CATALINA N°2 -9A	8320707	194899	4500	6000	48000

Fuente: Desarrollo de investigación. (Elaboración Propia).



Fuente: Desarrollo de la investigación. (Elaboración Propia)
Figura N°9: Desmonte Santa Catalina N°2 – 9A

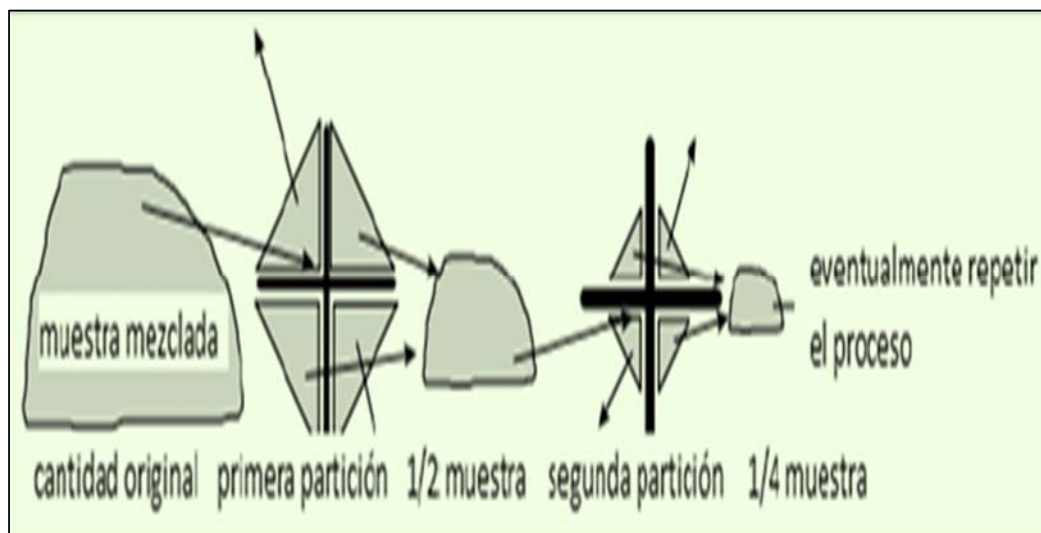
2.3.2 MUESTRA

La muestra es tomada en el desmonte Santa Catalina N°2 – 9A, de la Compañía Minera Bateas, mediante el método simple las cuales son cuarteadas In Situ para obtener una muestra representativa en la evaluación de las columna Húmeda que se llevara a cabo en el laboratorio del Instituto de Minería y Medio Ambiente de la FIGMM – UNI. El cual tuvo un volumen de 70 kg. Siendo tomadas en composito.

Cuadro N°10: Codificacion de Muestra.

Código	DESMONTERA	NUMERO MINIMO DE MUESTRAS	PROFUNDIDAD DEL MUESTREO (M)
9	SANTA CATALINA N°2-9A	2	0.5 – 1.00

Fuente: Desarrollo de investigación. (Elaboracion Propia)



Fuente: LfMerkblatt 3.8/4;2010,Alemania.

Figura N° 10: Metodo Realizado en el Cuarteo de Muestra.

2.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.

La técnica que se utilizó la describiremos en el desarrollo de la metodología que describimos a continuación:

2.4.1 MÉTODO DE MUESTREO

El muestreo realizado en el desmonte minero Santa Catalina N°2 – 9A es aleatoria simple, superficial.

2.4.2 RECOLECCIÓN DE DATOS

- ✓ Mapas de ubicación
- ✓ Datos preliminares brindado por la Cía. Minera Bateas
- ✓ Determinación del área de muestreo del desmonte
- ✓ Puntos de muestreo, profundidad y volumen de muestra a colectar
- ✓ Estrategia de la toma de muestra
- ✓ Técnica, equipos y instrumentos a emplearse en el transporte al laboratorio
- ✓ Personal especializado, responsable en cada procedimiento



Fuente: Desarrollo de investigación.

Figura N° 11|: Toma de muestras en el desmonte Santa Catalina N°2 – 9A

2.5 ACONDICIONAMIENTO DE LA MUESTRA DEL DESMONTE SANTA CATALINA N°2 – 9A

El acondicionamiento de la muestra fue realizada mediante la observación macroscópica donde se determinó cómo se encontraba la composición granulométrica, humedad, color, dureza y cuáles fueron los minerales que se

distinguen de manera natural. Luego se puso a secar la muestra en condiciones de aireación normal al ambiente por un periodo de 96 horas.



Fuente: desarrollo de la investigación. (Elaboración Propia)
Figura N° 12: Acondicionamiento del desmonte Santa Catalina N°2 – 9ª

2.5.1 DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DEL DESMONTE SANTA CATALINA N°2 – 9A.

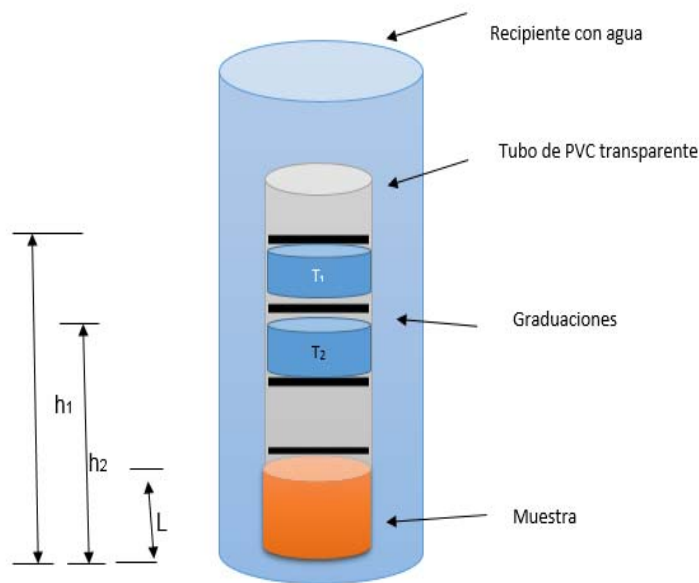
Se realizó el análisis granulométrico de la muestra para determinar el tamaño de las partículas tal como se encuentran en campo utilizando mallas estándares para obtener una curva representativa y guiarnos como lixivia el desmonte los cuales indicamos los cuadros N°14, 15,16.

2.5.2 PERMEABILIDAD

Luego fue realizado el parámetro de permeabilidad que determino su comportamiento de oposición de fluidez del agua durante el desarrollo del método de columna húmeda, dependió mucho el tamaño de la partícula, forma y

distribución de la muestra, las cuales están basadas en la confiabilidad del método las cuales se reprodujeron por cuatro veces obteniendo resultados similares las cuales fueron comparadas con pruebas de campo y utilizando la misma metodología

Esta prueba de permeabilidad fue realizada por el método de carga variable el cual consiste de un tubo de polietileno transparente graduado en milímetros de un diámetro de tres pulgadas y altura de 50 cms y su recipiente colector de la infiltración, un cronometro para determinar el tiempo. La muestra de prueba es cargada en un recipiente lleno de agua donde se sumerge el tubo de prueba para luego sacarlo y proceder a tomar el tiempo por faces divididas en el tubo por sus graduaciones según se muestra en la figura N°14.



Fuente: desarrollo de la investigación (Elaboración Propia)

Figura N°13: Método de Permeabilidad

2.5.3 COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (K):

Es la velocidad de flujo que se produce en un gradiente hidráulico. Es utilizado como la medida de la oposición al flujo ofrecida por el suelo.

$$k = \frac{L \times \ln\left(\frac{h_1}{h_2}\right)}{t}$$

K: coeficiente de permeabilidad

L: altura de la muestra (mm)

h_1, h_2 : Alturas inicial y final de las graduaciones (mm)

t : Tiempo (segundos)

2.6 PRUEBAS REALIZADAS EN EL LABORATORIO

Las pruebas que se realizaron en el laboratorio antes de iniciar la prueba de columna húmeda. Nos determinaron el comportamiento del material que estaba compuesto el desmonte en su situación natural del medio donde se encontraban depositados. Las que describiremos a continuación:

2.6.1 PRUEBA ESTÁTICA

En la prueba estática establecimos las características geoquímicas del desmonte Santa Catalina N°2- 9A y el potencial de generación del drenaje ácido y/o alcalino, Independientemente del tiempo. Esta prueba estuvo basada en el método ácido – base la cual define el balance entre los minerales potencialmente generadores de acidez y aquellos potencialmente consumidores de ácido en la muestra. Los minerales consumidores de ácido son generalmente los carbonatos, también se pudo determinar que los hidróxidos, silicatos y arcillas pueden neutralizar los ácidos de la muestra. Por lo tanto, de acuerdo a la teoría una muestra es generadora del potencial neto de acidez solo si este excede a su potencial de neutralización a través de la evolución del intemperismo de los desmontes.

2.6.2 DETERMINACIÓN DEL pH EN PASTA

El parámetro químico de pH en pasta dio a conocer cómo se encontraba la muestra antes de iniciado la prueba de columna húmeda. Esta prueba se desarrolla con la

muestra sin ningún tratamiento, solo se utiliza agua destilada y agitación por 45 minutos, dejarlo reposar y ser evaluado con equipos para medición de pH, conductividad y potencial redox. Los cuales son previamente calibrados con sus buffer correspondientes, donde las soluciones son medidas por 4 veces de reproducción para la confiabilidad del método. Convirtiéndose en un importante indicador del desmonte en su etapa inicial y además determino como afectaría al medio ambiente la presencia de estos desmontes ocasionando transformaciones o cambios geoquímicos con el intemperismo de acuerdo a su sistema climatológico natural en los desmontes de la Cía. Minera Bateas S.A.C. (Fuente: desarrollo de investigación).

2.6.3 GENERACIÓN NETA DE ACIDEZ (GNA):

Aquí se Identificó la presencia de sulfuros en la muestra logrando predecir cómo se comportara la evolución geoquímica de la prueba de columnas húmedas. El método se realizó pulverizando la muestra a una malla 60% -200 (menores de 75 micras), la cual es pesada por 5g. De muestra y añadido peróxido de hidrógeno al 15% e hidróxido de sodio 0,1M luego colocarlo en plancha de digestión sin que llegue a ebullición por 2 horas, dejar enfriar y valorar con hidróxido de sodio 0.1M.

Cálculo:

$$NAG = F \times V \times M \times W$$

NAG: Generación de ácido neto (Kg H₂SO₄ / Tonelada)

F: Factor de conversión (49)

V: volumen de NaOH base de valorase (ml)

M: molaridad de NaOH base (moles/l)

W: peso de la muestra tratada.



Fuente: agitando muestra para homogenización de prueba NAG. (Laboratorio de minería y medio ambiente FIGMM – UNI)
Figura N° 14: Desarrollo de Investigación.



Fuente: Desarrollo de investigación. (Laboratorio de minería y medio ambiente FIGMM – UNI)
Figura N° 15: Prueba NAG lista para realizar mediciones.

2.6.4 POTENCIAL ÁCIDO (PA):

Se basa principalmente en medir el azufre total, aquí utilizamos una mufla hasta una temperatura de 950 °C donde el contenido de azufre en la muestra de los desmontes de la Cía. Minera Bateas S.A.C. nos proporciona el total de acidez, que es expresada como potencial de ácido y determinamos su cálculo por:

$$PA = \% \text{ de Azufre} \times \text{factor}$$

PA: Potencial de acidez Expresado: Kg. CaCO₃ / TM.

Factor: 31.25



Fuente: Desarrollo de Investigación (Laboratorio de minería y medio ambiente FIGMM - UNI).
Figura N° 16: Prueba de azufre total.

2.6.5 POTENCIAL DE NEUTRALIZACIÓN (PN)

Es realizado por titulación de la muestra del desmonte de la Cía. Minera Bateas S.A.C., teniendo en cuenta su volumen y la normalidad de ácido con relación a la base que se añadió. El potencial de neutralización esta expresado en Kg. CaCO₃ / TM.

Cálculo:

$$PN = \frac{(V_{HCl} - V_{NaOH}) \times 0.5N \times V_{\text{volumen HCl}}}{W_g}$$

V_{HCl} : Volumen del ácido clorhídrico

N: Normalidad de ácido Clorhídrico

V_{NaOH} : Volumen del hidróxido de sodio

W_g : peso de la muestra en gramos.

2.6.6 POTENCIAL NETO DE NEUTRALIZACIÓN (PNN).

La importancia del PNN consiste en determinar la cantidad de sulfuros que pueden generar drenaje ácido en el desmonte Santa Catalina N°2 – 9A.

Dónde: $PNN = PN - PA$

Expresado: $KgCaCO_3 / TM$

PNN: Potencial Neto de Neutralización

PN: Potencial de Neutralización

PA: Potencial de acidez



Fuente: Desarrollo de Investigación. (Laboratorio de minería y medio ambiente FIGMM – UNI).

Figura N° 17: Método de titulación Volumétrica Utilizando indicadores.

2.7 MÉTODO DE COLUMNA HÚMEDA EN EL DESMONTE SANTA CATALINA N°2 -9A, DE LA CÍA. MINERA BATEAS S.A.C

El método fue iniciado con el pesado del desmonte y vertida por capas de acuerdo a la determinación de permeabilidad realizada en la muestra, su peso de carga es de 30 kg. Del desmonte, las cuales son lavadas con agua destilada y luego entraron por 24 horas de acondicionamiento con aire seco en la columna húmeda, para luego dar inicio al proceso pasando por las columna húmeda 72 horas de aire seco, 3 días de aire húmedo, donde se estandarizaron el flujo del aire con un flujometro por 5 veces previamente calibrado, siendo de 1,0 litro/minuto, el séptimo día se realiza el agregado de agua destilada un volumen de 2000 ml las que fueron medidos en probetas clase A de acuerdo a la norma 17025, utilizando el sistema de goteo simulando la lluvia, para luego realizar la extracción de la solución. Obteniéndose un volumen de 1500 ml el cual se calcula a un equivalente de una precipitación de 1558,2 mm/año.

2.7.1 DETERMINACIÓN DE LA IDENTIFICACIÓN DEL DRENAJE ÁCIDO Y/O ALCALINO EN LA COLUMNA HÚMEDA.

Nuestro desarrollo de tesis es netamente experimental – cuantitativo - aplicativo. Por tanto, la identificación es realizada en el laboratorio mediante la simulación climatológica controlada las cuales son extraídas por 20 semanas continuas en las cuales se determinan las concentraciones de metales presentes y la medición de parámetros de pH, conductividad, potencial redox, temperatura, acidez, alcalinidad, dureza total, dureza cálcica, sulfatos los cuales se realizan por método volumétrico con titulantes estandarizados, indicadores universales y vía clásica.

Cuadro N°11: Clasificación de aguas de mina.

Características	pH
Muy ácidas	1,5 a 4,5
Blandas, ligeramente ácidas	5,0 a 7,0
Duras, neutras a alcalinas	7,0 a 8,5
Blandas, alcalinas	7,5 a 11,0
Altamente salinas	6,0 a 9,0
Blandas ácidas	3,5 a 5,5

Fuente: OSVALDO A. Métodos de Aguas Ácidas de Mina (2006).

Cuadro N° 12: Caracterización de Drenajes en función del pH y el Potencial de Acidez/Alcalinidad.

CLASE	pH	DESCRIPCIÓN
Acido	menores a 6	<ul style="list-style-type: none"> - Acidez desarrollada por oxidación de minerales, particularmente de sulfuros. - Nivel de minerales disueltos es mayor que en drenajes casi Neutros. - relacionada a minas metálicas, carbón y piritas.
Alcalino	Mayores a 9 - 10	<ul style="list-style-type: none"> - Alta alcalinidad originada por disolución de minerales básicos, particularmente óxidos, hidróxidos y algunos silicatos. - Niveles de algunos minerales como el Al son mayores que en los drenajes casi neutros. - vinculados con minería de diamantes, molienda de bauxita, Cenizas de combustión de carbón.
Casi neutro	Rangos de 6 – 9 -10	<ul style="list-style-type: none"> - Dependiendo de la abundancia de los minerales, en Determinados períodos pueden ser ácidos o alcalinos. - los mg/l de metales disueltos algunas veces puede Exceder niveles tóxicos.
Otros	Sin importancia	<ul style="list-style-type: none"> - Puede disminuir la concentración de metales. - Agregado a minería no metálica como: potasa, sales, boratos, -bentonitas, gravas, arcillas, etc

Fuente: MORIN Y HUTT (2001).

La oxidación de los sulfuros contenidos en las trazas de minerales de los desmontes genera drenaje ácido de mina cuando son removidos y entran en conexión con el oxígeno del aire y agua.



Drenajes Alcalinos estos son producidos cuando los materiales que se encuentran en los desmontes de mina son mayoritariamente minerales calizos y dolomíticos, la lixiviación del carbonato de calcio es originada por la presencia del CO₂ dando lugar a la siguiente ecuación:



2.7.2 AGENTES QUE INTERVIENEN EN EL DRENAJE DE AGUAS ÁCIDAS POR EL INTEMPERISMO ACELERADO EN LA COLUMNA HÚMEDA EN EL LABORATORIO

El tipo del drenaje se generó por la mineralogía, la geoquímica del material y la fragmentación que ocasiona una solubilidad ácido/ alcalino, para que ocurra debe existir presencias mínimas como:

- El agua, oxígeno y hierro en cantidad suficiente
- Aparición biológica (bacterias)
- Tiempo

2.7.3 ETAPAS EN LA FORMACIÓN DE DRENAJE ÁCIDO EN EL DESMONTE

Cuando existe en los desmontes de mina una gran cantidad de material sulfurado o está formado por generadores potenciales de acidez estas tienen tres etapas definidas.

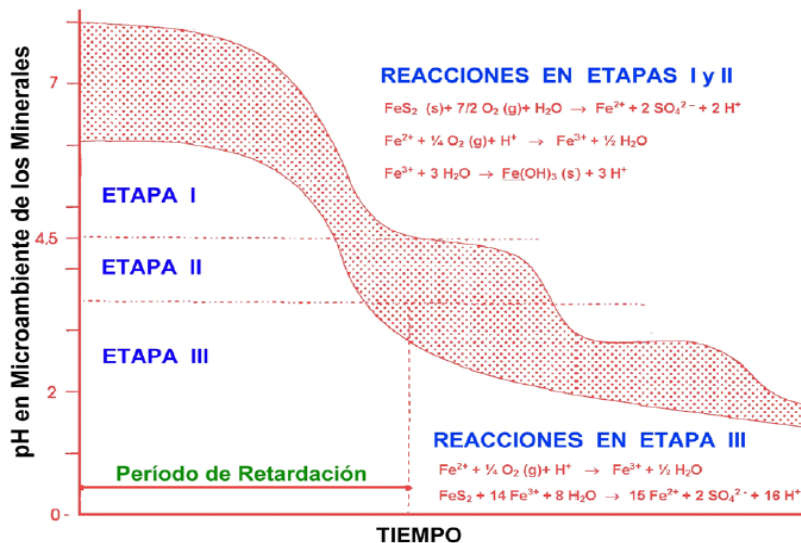
1ª Etapa.- En los inicios de la prueba de columna húmeda la acidez es neutralizada por la presencia de material que consumen la acidez como son carbonatos y bicarbonatos haciendo que el drenaje obtenido sea casi neutro donde el hierro se precipita en forma de hidróxido, siendo este periodo donde recién se inicia la oxidación química donde esta oxidación de minerales sulfurosos libera hierro ferroso en la solución, este etapa también tiene concordancia con la cristalización de los minerales cuando hemos realizado el difractograma de rayos X que fundamentalmente es para observar su estructura cristalina del mineral que contiene un desmonte cuando las caras cristalinas son más pequeñas su solubilidad es más rápida que en cara cristalina más gruesas.

2da Etapa.- Cuando este proceso continua los materiales se neutralizantes se van volviendo insuficiente para realizar la neutralización debido al intemperismo de los materiales que están en contacto con el aire húmedo, aire seco y agua que son factores fundamentales entonces se puede observar por los análisis realizados a las soluciones van a ir bajando si fuera lo contrario entonces el pH va en aumento

porque los carbonatos son potenciales neutralizantes que es el caso de nuestro proyecto de investigación.

3^{era} Etapa.- Si el pH desciende por debajo de 3 entonces el ion férrico se ve forzado por las reacciones de oxidación-reducción y entonces tendremos la presencia de un intemperismo biológico con la aparición bacteriana que de manera característica es *Thiobacillus ferroxidans* donde se transforma el ion ferroso en ion férrico realizando de manera acelerada la acidez del drenaje descendiendo el pH por debajo de 2,5 ocasionando coloración rojiza amarillenta a las aguas perjudicando la calidad del agua y su uso en todos los ecosistemas principalmente al ser humano y contaminado de manera toxica todos las aguas tanto superficiales como los niveles freático de las aguas subterráneas.

Para el caso de nuestro proyecto de investigación los materiales consumidores de acidez fueron mayoritarios y predominaron en el estudio de la prueba de columna húmeda llevándose acabo todo el proceso de intemperismo de la misma forma de una generación acida no con esto afirmar que los drenajes alcalinos son todos beneficiosos en caso son muy perjudiciales y se vuelven dañinos para la salud y los ecosistemas en el lugar donde son generados ya sea en el área de influencia directo como indirecta.



Fuente: OSVALDO ADUVIRE. Tratamiento de Aguas de Mina (2006).

Figura N° 18: Etapas de Identificación de Drenaje Acido.

2.7.4 INTERPRETACIÓN

Para el caso de nuestro proyecto de investigación los materiales consumidores de acidez fueron mayoritarios y predominaron en el estudio de la prueba de columna húmeda llevándose acabo todo el proceso de intemperismo de la misma forma de una generación acida no con esto afirmar que los drenajes alcalinos son todos beneficiosos en caso son muy perjudiciales y se vuelven dañinos para la salud y los ecosistemas en el lugar donde son generados ya sea en el área de influencia directo como indirecta.

2.8 VALIDEZ

La validez sometió a calibración y exactitud a los instrumentos que se utilizaron en las principales mediciones de los indicadores de las variables, utilizando métodos analíticos con patrones estandarizados por normas nacionales e internacionales, el método instrumental estuvo realizado con estándares analíticos de calibración internacional, los parámetros físico químicos utilizaron buffer de calibración en el proceso de evaluación en el laboratorio, también normas ISO 17025 de la calidad en materiales utilizados los cuales estuvieron sujetos al control y la revisión de resultados por expertos del Instituto de Minería y Medio Ambiente de FIGMM- UNI.

2.9 CONFIABILIDAD

La confiabilidad estuvo netamente basada en la prueba durante las 20 semanas que fueron evaluadas por métodos volumétricos, vía clásica, instrumentación, basados en Standar methods for water and wastewater examination en sus distintos parámetros analíticos cuantitativamente en el laboratorio. Las cuales son descritas con sus cuadros 25, 26,27 y 28 del comportamiento de los elementos químicos de cada semana en las soluciones lixiviadas y como fue evolucionando el intemperismo con relación al tipo de drenaje de la columna húmeda.

2.10 MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS

Los datos fueron obtenidos por procedimientos y control que dieron respuesta a la hipótesis general e hipótesis específico, donde se pudo observar las variables mediante un método estadístico descriptivo.

2.11 ASPECTOS ÉTICOS

Entre los aspectos éticos el profesional ambientalista debe ser deontológico el cual tendrá deberes y obligaciones que permitan el ejercicio de su carrera profesional frente a la sociedad. De acuerdo a la ética en el Colegio de Ingenieros del Perú en sus artículos propone un funcionamiento sostenible frente a los recursos naturales, al respeto al Medio Ambiente, en lo Social y Cultural.

III.- RESULTADOS

Los resultados del método de columna húmeda se dividieron en tres etapas en el desarrollo de la investigación los cuales fueron:

Cuadro N°13: Pruebas realizadas para obtener resultados

TIPOS DE PRUEBAS PARA REALIZAR EL MÉTODO DE COLUMNA HUMEDA		
Prueba estática	Prueba de extracción	Prueba de columna húmeda
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Determina las propiedades geoquímicas del mineral ➤ Análisis cualitativas del potencial del DAR ➤ No caracterizan la geoquímica porque esta solo se da a través del tiempo, 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Se utiliza el método de precipitación sintética (SPLP) ➤ Se obtuvo los constituyentes fácilmente solubles en la muestra del desmonte. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Se sometió el desmonte al intemperismo acelerado en condiciones controladas en laboratorio ➤ Determina el proceso geoquímico ➤ Se identifica el tipo del drenaje lixiviado.

Fuente: Desarrollo de investigación (Elaboración Propia)

3.1 RESULTADOS DE LA DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DEL DESMONTE SANTA CATALINA N°2 – 9A.

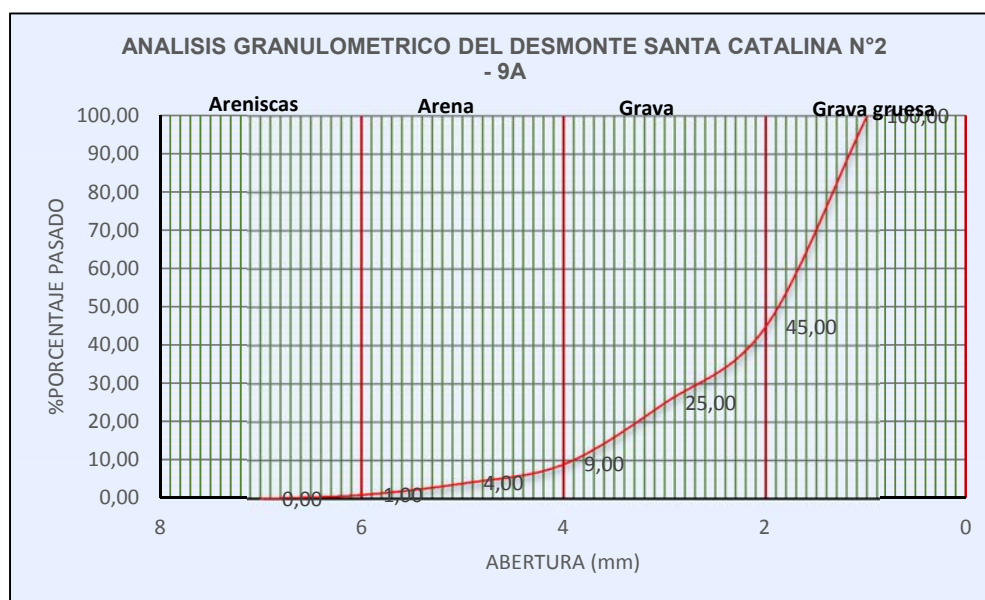
Se utilizó mallas estandarizadas mediante el método húmedo obteniéndose los siguientes resultados.

Cuadro N°14: Análisis Granulométrico.

Malla	ABERTURA (mm)	RETENIDO (KG)	% RETENIDO	% PASADO
10"	250.000	0.00	0.00	100.00
5"	125.000	5.50	55.00	45.00
2"	50.000	2.00	20.00	25.00
1"	25.000	1.60	16.00	9.00
1/2"	12.500	0.50	5.00	4.00
N°80	0.180	0.30	3.00	1.00
<N° 80	< 0.180	0.10	1.00	0.00
		10.00	100.00	

Fuente: Desarrollo de investigación (Elaboración Propia).

Cuadro N° 15: Estructura y Curva Granulométrica



Fuente: Desarrollo de la investigación (Elaboración Propia)

Cuadro N°16: Coeficientes de uniformidad y curvatura

D10	25
D30	50
D60	125
valores de coeficientes	
Cu	5
Cz	0.8

Fuente: Desarrollo de investigación (Elaboración Propia).

Conclusión: Se pudo identificar mediante la curva del análisis y los coeficientes de uniformidad y curvatura calculados a partir de los diámetros donde pasa el 10%, 30% y 60% de la muestra del desmonte teniendo una conformación estructural arenoso gravoso de acuerdo al análisis granulométrico realizado en el laboratorio.

3.2 RESULTADO DE PERMEABILIDAD

En la evaluación se obtuvo un cociente de permeabilidad de $4,0 \times 10^{-5}$ m/segundo la cual se tuvo que extrapolar para la columna húmeda a realizar y obtener resultados óptimos. De ahí su importancia.

3.3 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS ESTATICAS EN EL LABORATORIO.

Los resultados que se obtuvieron en las pruebas de laboratorio fueron realizadas en muestras pulverizadas a una malla de 60% -200, otras pruebas como el pH en pasta si se realizó con la muestra sin tratar.

Cuadro N°17: Resultados de las Pruebas Estáticas

Código de la muestra	pH en pasta	%S	PN	PA	PNN	PN/PA
Desmunte Santa Catalina N°2 -9A	7.3	1.65	89,37	52,81	32,56	1,69

Fuente: Desarrollo de Investigación en el laboratorio del instituto de minería y medio ambiente FIGMM- UNI. (Elaboración Propia)

- ❖ Si: $PNN > +20$; la muestra NO GENERA DRENAJE ÁCIDO
- ❖ Si: $PNN < -20$; la muestra GENERA DRENAJE ÁCIDO
- ❖ Si: $-20 < PNN < +20$, muestra de comportamiento INCIERTO

3.3.1 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Se interpretaron los resultados de acuerdo al método estándar U.S. EPA, los cálculos con referencia específica a “Field and Laboratory Methods Aplicable to Overburden and Minesoils”, EPA-600/2.78-054 (1996). La predicción de laboratorio se realizó con los proporcionados por la dirección de asuntos ambientales del ministerio de energía y minas, los que determinaron un valor mayor a 20 donde se pudo concluir que la muestra no genera drenaje acido, pero teniendo en cuenta que estos datos solo son referenciales mas no valores definitivos porque la geoquímica

solo se realiza a través del tiempo, esta nos lo proporcionara el método de columna húmeda de los desmontes Santa Catalina N°2 –9A

3.4 RESULTADOS DE LA COMPOSICIÓN MINERALÓGICA DE LOS DESMONTES SANTA CATALINA – N°2- 9A, DE CÍA. MINERA BATEAS S.A.C.

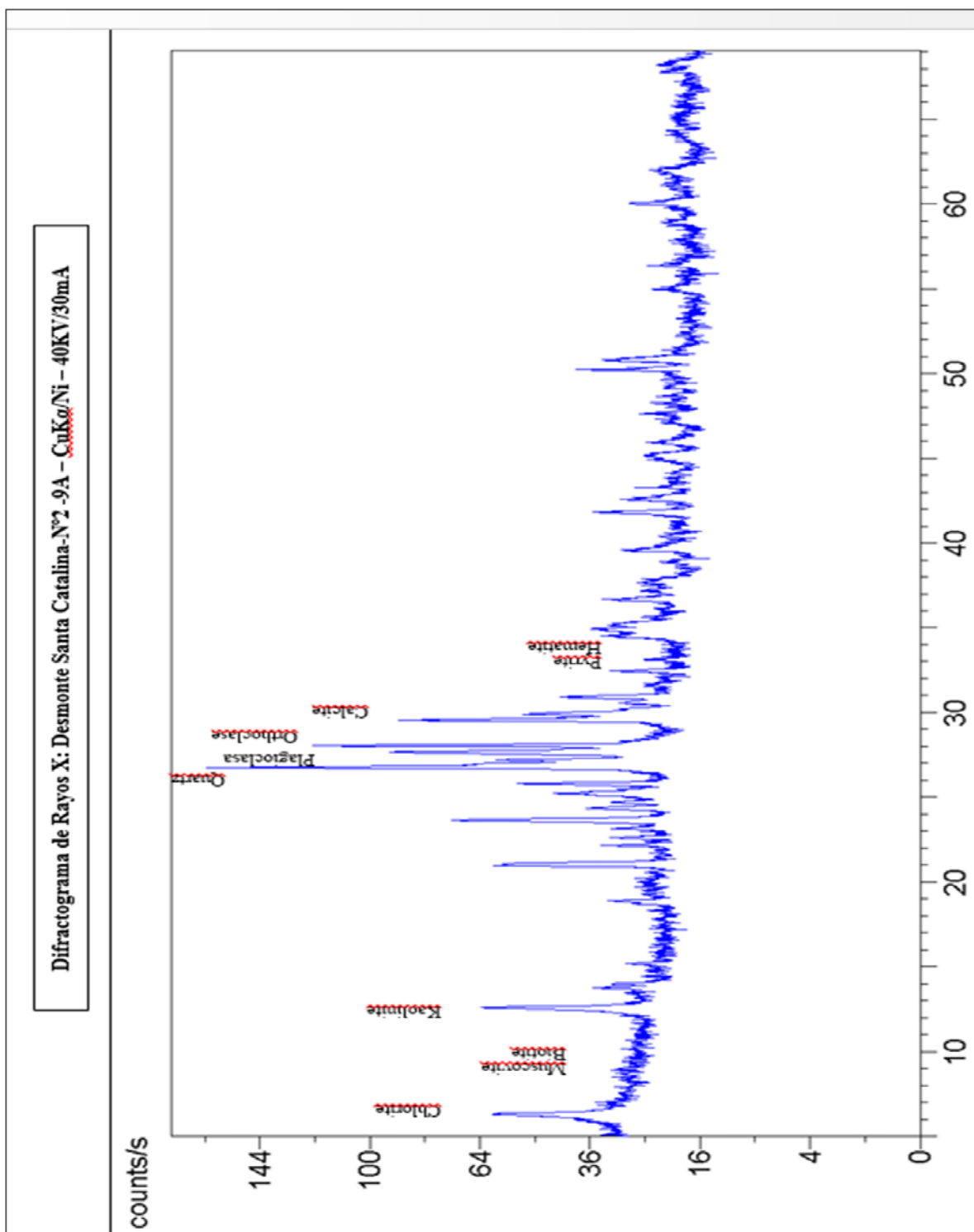
La composición mineralógica es realizada por observación microscópica y por difracción de rayos X del desmonte.

Cuadro N°18. Resultados de la Composición y Abundancia Mineralógica.

Minerales Desmonte Santa Catalina – N°2 – 9A	Fórmula	% En peso
Cuarzo	SiO ₂	13,90
Calcita	CaCO ₃	5,20
Ortoclasa	KAlSi ₃ O ₈	34,10
Plagioclasas	(Na, Ca)(Si,Al) ₄ O ₆	22,60
Clorita	(Mg,Fe) ₅ (Al,Si) ₅ O ₁₀ (OH) ₈	10,80
Muscovita	KAl ₂ Si ₃ AlO ₁₀ (OH) ₂	5,30
Biotita	KMg ₃ (Si ₃ Al)O ₁₀ (OH) ₂	1,10
Pirita	FeS ₂	2,97
Calcopirita	CuFeS ₂	0,02
Esfalerita	ZnS	0,16
Galena	PbS	0,01
Hematita	Fe ₂ O ₃	0,30
Caolinita	Al ₂ SiO ₅ (OH) ₄	1,80
Pirolusita	MnO ₂	0,16
Rodocrosita	MnCO ₃	0,21
Rodonita	MnSiO ₃	0,71

Fuente: Desarrollo de Investigación (Laboratorio de minería y medio ambiente FIGMM – UNI) (Elaboración Propia).

Cuadro N° 19: Difractograma de rayos x



Fuente: Desarrollo de Investigación. (Laboratorio de minería y medio ambiente FIGMM – UNI)

3.4.1 INTERPRETACION DEL DIFRAGTOGRAMA DE RAYOS X

Se pudo observar que los fragmentos corresponden a rocas volcánicas propilitizada con fenocristales de plagioclasas, carbonatos, rodonita y diseminación de sulfuros siendo los picos más abundantes los silicatos.

3.5 RESULTADOS DE COMPOSICIÓN GEOQUÍMICA DEL DESMONTE SANTA CATALINA N°2- 9A.

La composición química de los desmontes está determinado por métodos analíticos espectrográficos, espectrometría de Absorción Atómica y métodos de Vía Clásica que han permitido la identificación de los elementos y luego cuantificarlos.

Cuadro N°20: Resultados de la Composición Química del Desmonte Sta. Catalina N°2 -9A

Componentes	Desmonte Santa catalina –N°2 – 9A
% SiO ₂	55,50
% Al ₂ O ₃	19,71
% Fe ₂ O ₃	8,09
% CaO	3,27
% MgO	0,93
% Na ₂ O	2,50
% K ₂ O	3,95
%MnO	0,65
%TiO ₂	0,98
% CO ₂	2,29
%S	1,65
%Cu	0,01
%Pb	0,01
%Zn	0,11
%As	0,0018
%Cd	0,001
Hg(ppm)	0,23
Ag(ppm)	10
Au(ppm)	0,036

Fuente: Desarrollo de Investigación (Laboratorio de minería y medio ambiente FIGMM – UNI). (Elaboración Propia)



Fuente: Desarrollo de investigación (Laboratorio de minería y medio ambiente FIGMM – UNI).
Figura N° 19: Lectura por Absorción Atómica de la composición química del desmonte

3.7.4 EVALUACIONES CUANTITATIVAS SEMANALES DE PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS Y METALES LIXIVIADOS DE LOS DESMONTES.

Se obtuvo la extracción de los drenajes lixiviados semanales donde se realizaron las mediciones de los parámetros físicos – químicos sin preservar, seguidamente se tomaron volúmenes para titulación del calcio después se preservó la muestra con ácido nítrico para la digestión de los metales y poderlos leer por Absorción atómica. Por lo tanto, se continuó hasta llegar a la semana 20. Aquí se puede apreciar las fotos cuando se realizó la extracción y como se ordenaron los frascos con las soluciones. Las que fueron codificadas desde la primera semana de inicio.



Fuente: Desarrollo de Investigación. (Laboratorio de minería y medio ambiente FIGMM – UNI).
Figura N° 20. Lixiviados semanales de la columna Húmeda.



Fuente: Desarrollo de Investigación. . (Laboratorio de minería y medio ambiente
FIGMM – UNI)
Figura N° 21: ordenamiento de las muestras para su análisis.



Fuente desarrollo de Investigación
Figura N° 22: Muestra listas para sus evaluaciones.

**3.7.5 RESULTADOS DE LAS EVALUACIONES FÍSICAS – QUÍMICOS,
SULFATOS Y COBRE PRESENTE EN LOS DRENAJES DE LOS DESMONTES
SANTA CATALINA N°2 – 9A.**

CUADRO N° 21: Resultados de Parámetros Físico Químicos, Sulfatos y Cobre en lixiviados

Semanas	Volumen Extraído (L)	pH	Conductividad (μ S/cm)	Alcalinidad (mgCaCO ₃ /L)	Potencial Redox (mV)	Sulfatos (mg/L)	Cu (mg/L)
1	0,950	6,6	1262	2,0	246	393,9	0,010
2	1,100	6,5	1509	1,6	238	406,9	0,003
3	1,350	6,7	1323	20,0	265	313,8	0,005
4	1,500	6,8	1201	0,4	244	161,4	0,009
5	1,300	7,0	950	17,6	232	242,9	0,002
6	1,250	7,0	393	22,0	231	115,6	0,002
7	0,800	6,0	362	27,0	225	7,5	0,002
8	0,750	6,5	304	29,0	218	35,1	0,003
9	1,150	6,9	335	32,0	209	47,7	0,002
10	0,900	6,7	354	28,4	236	45	0,012
11	1,450	7,0	346	28,0	237	77,2	0,002
12	1,100	7,0	366	27,0	245	64,7	0,001
13	1,000	7,0	685	30,0	220	85,7	0,002
14	1,250	6,8	685	20,0	234	75,1	0,003
15	1,300	6,4	632	27,4	214	66,1	0,003
16	1,400	7,4	299	29,0	210	88,5	0,002
17	1,350	7,3	328	29,0	225	114,1	0,002
18	1,400	7,1	317	21,0	222	139,2	0,003
19	1,200	7,4	313	32,0	276	134,6	0,001
20	1,400	7,5	230	32,0	215	108,2	0,001

del desmonte Sta. Catalina N°2 – 9A.

Fuente: desarrollo de Investigación (Laboratorio de minería y medio ambiente FIGMM – UNI).
(Elaboración Propia).

3.7.6 RESULTADOS DE METALES Pb, Zn, Fe, Mn, Cd, As, Hg Y Ca EN CADA SEMANA QUE TRANSCURRIÓ LA PRUEBA DE COLUMNA HÚMEDA.

Cuadro N° 22: Resultados de concentración de metales en soluciones lixiviadas por semana.

Sema- nas	Pb (mg/l)	Zn (mg/l)	Fe (mg/l)	Mn (mg/l)	Cd (mg/l)	As (mg/l)	Hg (mg/l)	Ca (mg/l)
1	0,040	0,036	0,150	0,159	0,0006	0,0033	0,00029	156,3
2	0,050	0,048	0,009	1,547	0,0029	0,0035	0,00031	222,8
3	0,018	0,032	0,020	1,273	0,0012	0,0029	0,00034	146,7
4	0,001	0,025	0,025	0,907	0,0001	0,0033	0,00035	131,5
5	0,008	0,024	0,014	0,876	0,0015	0,0031	0,00029	99,4
6	0,030	0,014	0,017	0,197	0,0009	0,0029	0,00031	99,4
7	0,001	0,004	0,015	0,008	0,0002	0,0027	0,00033	50,5
8	0,001	0,011	0,028	0,237	0,0007	0,0033	0,00032	35,3
9	0,001	0,007	0,017	0,027	0,0002	0,0035	0,00034	44,1
10	0,010	0,058	0,043	0,323	0,0004	0,0027	0,00028	42,5
11	0,001	0,011	0,026	0,607	0,0005	0,0025	0,00027	56,1
12	0,001	0,012	0,032	0,560	0,0002	0,0021	0,00025	50,5
13	0,007	0,015	0,059	0,554	0,0007	0,0022	0,00026	53,7
14	0,005	0,013	0,064	0,457	0,0003	0,0019	0,00028	60,1
15	0,010	0,009	0,170	0,265	0,0002	0,0017	0,00031	45,7
16	0,007	0,013	0,127	0,516	0,0010	0,0015	0,00023	51,3
17	0,014	0,006	0,050	0,221	0,0002	0,0019	0,00027	60,9
18	0,009	0,039	0,119	0,177	0,0005	0,0021	0,00021	56,9
19	0,023	0,028	0,259	0,144	0,0001	0,0023	0,00019	54,5
20	0,010	0,067	0,218	0,139	0,0002	0,0016	0,00014	44,9

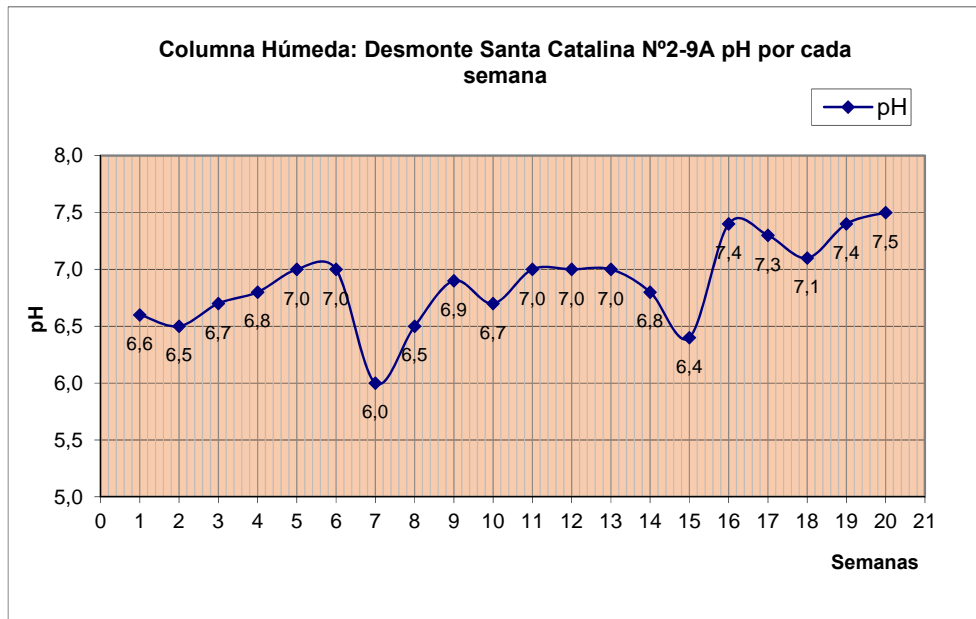
Fuente: desarrollo de investigación (Laboratorio de minería y medio ambiente FIGMM – UNI)
(Elaboración Propia).

3.8 LAS INTERPRETACIONES DE LOS RESULTADOS

Los comportamientos que se obtuvieron del pH, sulfatos, Fe, Mn, Pb, Zn, Cd, Cu, As, Hg y Ca por semana y sus evaluaciones acumulativos en las 20 semanas de la prueba de columna húmeda en el desmonte Santa Catalina N° 2 – 9A de Compañía Minera Bateas. El cual se inició el 16/Enero/2017 y terminando el 12/Junio/2017 cumpliendo las 20 semanas de investigación de la Prueba de Columna Húmeda.

3.8.1 COMPORTAMIENTO DEL pH EN CADA SEMANA DE TOMA DE LA MUESTRA EN LA PRUEBA DE COLUMNA HÚMEDA.

Cuadro N° 23: Distribución por semana del pH.



Fuente: Desarrollo de Investigación (Elaboración Propia).

3.8.2 INTERPRETACIÓN DEL pH POR SEMANA:

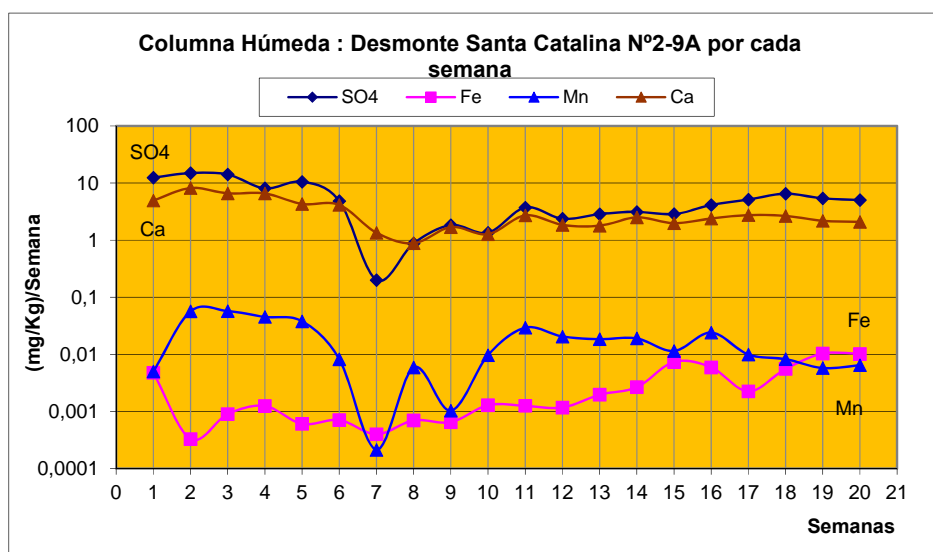
El comportamiento que se pudo observar durante el muestreo de la lixiviación cada semana nos indica que el rango de pH se encuentran entre 6,0 y 7,5 las cuales determinaron una tendencia de no generación de drenaje ácido, debido al suficiente material neutralizante existente en el desmonte como son los carbonatos.



Fuente desarrollo de Investigación
 Figura N° 23: Midiendo el pH de las soluciones extraídas.

3.8.3 COMPORTAMIENTO DE LOS SULFATOS, Fe, Mn Y Ca POR CADA SEMANA EN LA MUESTRA LIXIVIADA EN LA PRUEBA DE COLUMNA HÚMEDA.

Cuadro N° 24: Distribución de sulfatos, Hierro, Manganeso y calcio por cada semana



Fuente desarrollo de Investigación (Elaboración Propia).

3.8.4 INTERPRETACIÓN EN EL COMPORTAMIENTO DEL SO₄, Fe, Mn Y Ca POR CADA SEMANA.

Los sulfatos y el calcio tuvieron un comportamiento muy similar, observando una caída de sulfatos en la semana 7 debido a minerales de carbonatados. El Fierro y el Manganeso estuvieron solubilizándose de manera igual en la semana 15 y 18 existiendo equilibrio químico.

3.8.5 ESTADÍSTICA DE PRUEBA DE DISTRIBUCION NORMAL PARA MÉTODO CUANTITATIVO DEL COMPORTAMIENTO DEL SO₄, Fe, Mn, EXISTENTE EN LA MUESTRA POR CADA SEMANA.

Cuadro N° 25: Estadística de distribución Normal

		Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra			
		pH	SULFATOS	FIERRO	MANGANESO
N		20	20	20	20
Parámetros normales ^{a,b}	Media	6,8800	5,5165	,0030	,0190
	Desviación estándar	,37501	4,35181	,00318	,01764
Máximas diferencias extremas	Absoluta	,126	,213	,285	,224
	Positivo	,124	,213	,285	,224
	Negativo	-,126	-,111	-,173	-,141
Estadístico de prueba		,126	,213	,285	,224
Sig. asintótica (bilateral)		,200 ^{c,d}	,018 ^c	,000 ^c	,010 ^c

- a. La distribución de prueba es normal.
- b. Se calcula a partir de datos.
- c. Corrección de significación de Lilliefors.
- d. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

Fuente: desarrollo de Investigación (Elaboración Propia).

La estadística de distribución normal el sig=p-value>0.05 acepta la H₀: Datos de pH tienen distribución normal.

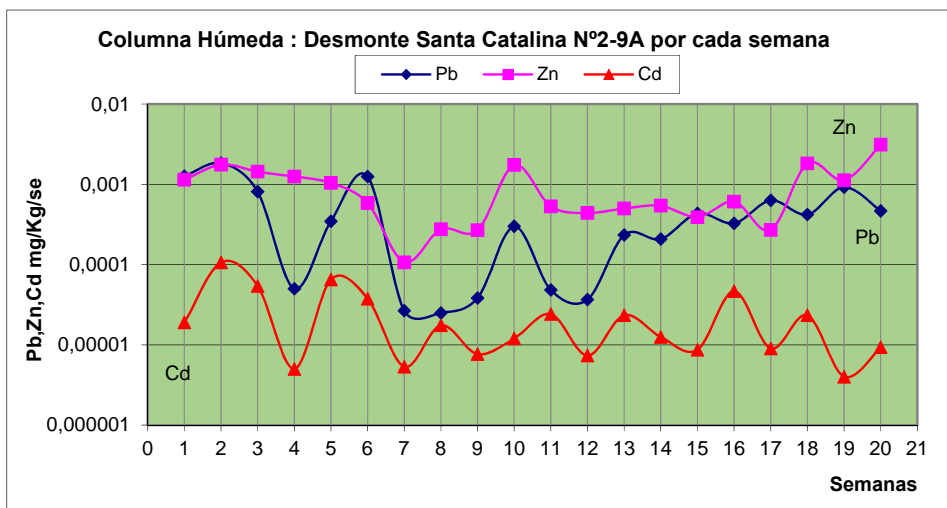
El Sulfato, Fierro, Manganeso no tuvieron un sig > 0.05.rechazando la hipótesis. De la distribución normal, El cual demuestra que nuestra muestra está siendo neutralizada por la presencia de carbonatos presente en la muestra según el cuadro 23. Donde se pudo observar en cada semana que la generación de acides fue neutralizada.



Fuente: Desarrollo de Investigación (Elaboración Propia)
 Figura N° 24: determinación de calcio por volumetría.

3.8.6 COMPORTAMIENTO DEL Pb, Zn Y Cd POR CADA SEMANA EN LA PRUEBA DE COLUMNA HÚMEDA

Cuadro N° 26: Distribución por cada semana de Pb, Zn, Cd.



Fuente: Desarrollo de Investigación (Elaboración Propia)

3.8.7 INTERPRETACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL Zn, Pb Y Cd POR CADA SEMANA EN EL CUADRO 26:

Se pudo observar como la oxidación está presente en la solubilización de mayor cantidad del elemento Zn, en la semana 10, 18 y 20 mientras que se originaron bajas en la semana 7 y 17, al Pb que está siendo controlado por los componentes que se encuentran en el desmante como carbonatos, siendo neutralizados de manera natural por la geoquímica existente en el desmante teniendo su mayor tendencia en la semana 6 y finalmente el Cd no presenta mayor problema en su comportamiento.

3.8.8 ESTADÍSTICA DEL COMPORTAMIENTO DEL Zn, Pb Y Cd EXISTENTE EN LA MUESTRA EN CADA SEMANA DE MUESTREO.

Cuadro N° 27: Estadística de distribución Normal

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

		Plomo	Zinc	Cadmio
N		19	19	19
Parámetros normales ^{a,b}	Media	,00084	,000368	,0000263
	Desviación estándar	,000688	,0005973	,00002712
Máximas diferencias extremas	Absoluta	,275	,416	,329
	Positivo	,251	,416	,329
	Negativo	-,275	-,269	-,221
Estadístico de prueba		,275	,416	,329
Sig. asintótica (bilateral)		,001 ^c	,000 ^c	,000 ^c

a. La distribución de prueba es normal.

b. Se calcula a partir de datos.

c. Corrección de significación de Lilliefors.

Fuente: Desarrollo de Investigación (Elaboración Propia).

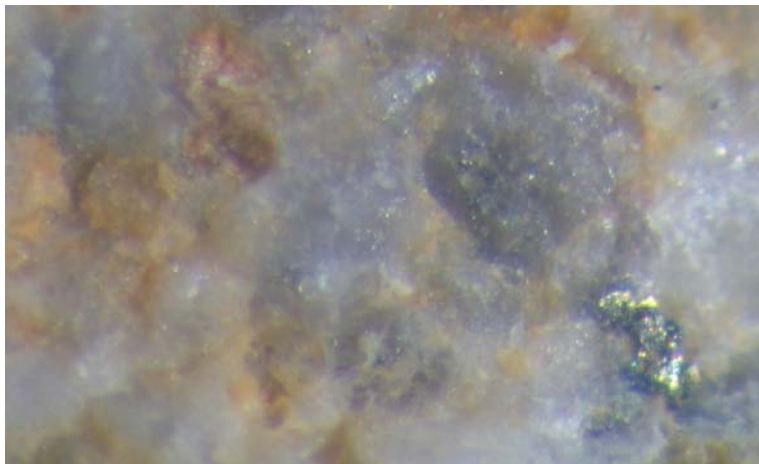
La estadística de distribución normal rechaza la H_0 : datos de distribución normal. Su sig < 0.05 en el Pb, Zn, Cd. En el cuadro 25 se pudo observar que la solubilización de los desmontes Santa Catalina N° 2 – 9A tienen valores por debajo de 0.001, el Zn está por encima de 0.001 esto es debido a la acción del intemperismo de las rocas en su composición geoquímica los cuales están con suficiente cantidad de carbonatos que pueden mantener el equilibrio químico y no generar drenaje ácido.



Fuente: Desarrollo de Investigación (Elaboración Propia)
Figura N° 25: Rocas carbonatadas vistas macroscópicamente.



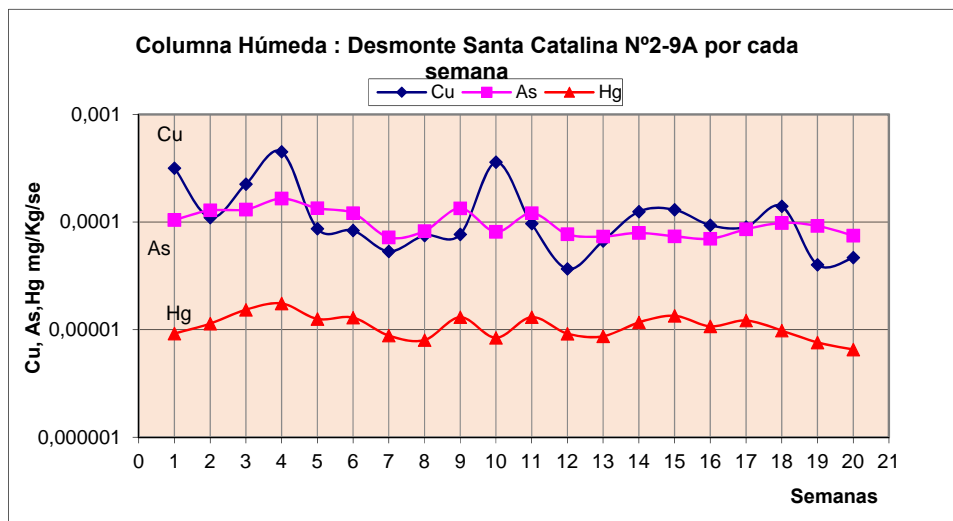
Fuente: Desarrollo de Investigación (Elaboración Propia)
Figura N° 26: Rocas calizas vistas macroscópicamente



Fuente: Desarrollo de Investigación (Elaboración Propia).
Figura N° 27: Foto Microscópica Presencia de Carbonatos y Pirita.

3.8.9 COMPORTAMIENTO DEL Cu, As Y Hg POR CADA SEMANA EN LA PRUEBA DE COLUMNA HÚMEDA.

Cuadro N° 28: Distribución del Cu, As, Hg por cada semana



Fuente: Desarrollo de Investigación (Elaboración Propia).

3.8.10 INTERPRETACIÓN COMPORTAMIENTO DEL Cu, As Y Hg POR CADA SEMANA:

La manera de distribución a través de cada semana con el Cu podemos decir que la semana 4 y la semana 10 hubieron mayor solubilización para que en la semana 12 tenga un control máximo de neutralización, en cambio el As su comportamiento es casi uniforme, a diferencia del Hg que no muestra problemas en las lixiviaciones semanales.



Fuente: Desarrollo de Investigación (Elaboración Propia).

Figura N° 28: digestión de Muestras para absorción atómica Hg.

3.8.11 ESTADÍSTICA DE DISTRIBUCIÓN NORMAL DEL COMPORTAMIENTO DEL Cu, As Y Hg EXISTENTE EN LA MUESTRA EN CADA SEMANA DE MUESTREO.

Cuadro 29: Estadístico de distribución Normal del Cobre y Arsénico.

		Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	
		Cobre	Arsénico
N		20	20
Parámetros normales ^{a,b}	Media	,0001350	,0000990
	Desviación estándar	,00012680	,00002864
Máximas diferencias extremas	Absoluta	,409	,196
	Positivo	,409	,196
	Negativo	-,241	-,156
Estadístico de prueba		,409	,196
Sig. asintótica (bilateral)		,000 ^c	,042 ^c

- a. La distribución de prueba es normal.
- b. Se calcula a partir de datos.
- c. Corrección de significación de Lilliefors.

Fuente: Desarrollo de Investigación (Elaboración Propia)

Los valores de probabilidades obtenidos en cuadro N°28 nos muestran un sig. >0.05 en lo que respecta al arsénico <0.042<0.05 interpretándose que mediante el intemperismo del desmonte Santa Catalina N°2 – 9A no van a ocasionar problemas debido a ser controlados de manera natural por la geoquímica de la roca a través del intemperismo por los carbonatos presentes en el desmonte.

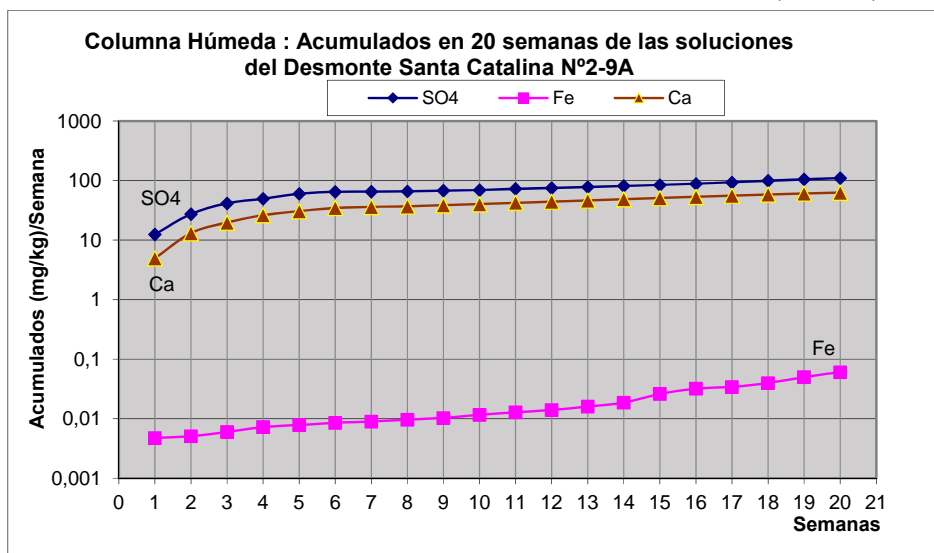


Fuente: Desarrollo de Investigación (Elaboración Propia).

Figura N° 29: Columna Húmeda se obtuvieron soluciones por 20 semanas.

3.8.12 COMPORTAMIENTO DEL ACUMULADO DE LOS SULFATOS, Fe, Ca, EN LAS 20 SEMANAS EN LA PRUEBA DE COLUMNA HÚMEDA.

Cuadro N° 30: Acumulados en las 20 semanas de Sulfatos, Fierro, Calcio.



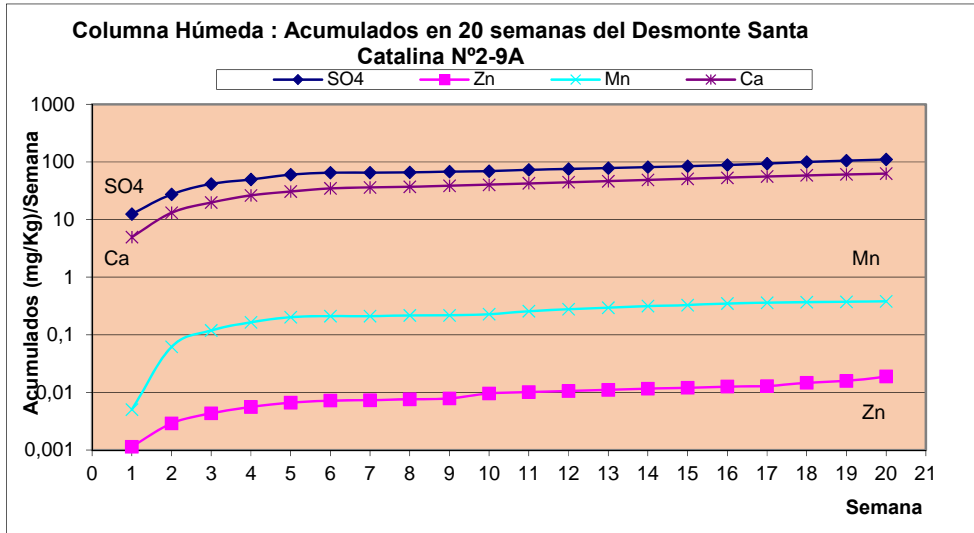
Fuente: Desarrollo de Investigación (Elaboración Propia).

3.8.13 INTERPRETACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL SO₄, Fe, Ca EN LAS 20 SEMANAS:

En el cuadro N°29 se observó la acumulación aquí nos referimos a la suma de los valores semanales en las 20 semanas. Por tanto, se observaron claramente cómo se cumple el intemperismo y el tipo del drenaje cuando existe material carbonatado suficiente como para neutralizar a los sulfatos que son los indicadores generadores de drenaje ácido, se puede tener la explicación teórica y práctica. De cómo es el comportamiento del desmonte Santa Catalina N°2 - 9A. Donde existe suficiente material neutralizante como los carbonatos los cuales se desplazan de manera conjunta con el intemperismo transcurrido en las 20 semanas. Por tanto, el SO₄ y Ca se desplazaron juntos. Los niveles de Fe fueron bajísimos. Entonces vamos demostrando la importancia de los ensayos estáticos al inicio de la prueba que dieron como resultado un tipo de drenaje que no generación de acidez. También el método de neutralización, potencial de acidez que son predicciones de corto plazo pero que nos sirven de guía para poder llevar un control de lo que va sucediendo en toda la Prueba de Columna Húmeda.

3.8.14 COMPORTAMIENTO DEL ACUMULADO DE SULFATOS, Zn, Mn Y Ca EN LAS 20 SEMANAS DE LA PRUEBA DE COLUMNA HÚMEDA.

Cuadro N° 31: Acumulados de Sulfatos, Zn, Mn, Ca en 20 semanas.



Fuente: Desarrollo de Investigación (Elaboración Propia).

3.8.15 INTERPRETACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL SO₄, Ca, Mn, Zn EN LAS 20 SEMANAS:

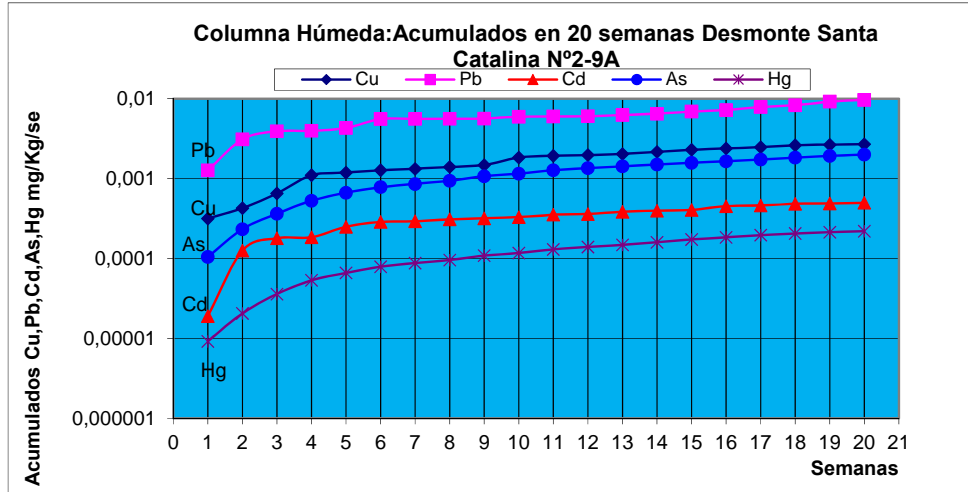
Se observó en el cuadro N°30 como la distribución del Ca y el SO₄ tienen mucha incidencia en las 20 semanas transcurridas en la prueba de columna húmeda, seguidos de Mn y Zn los cuales son controlados por el pH que vimos en el cuadro N° 22 respectivamente.



Fuente: Desarrollo de Investigación (Elaboración Propia).
Figura N° 30: Midiendo el pH a las extracciones de las columnas.

3.8.16 COMPORTAMIENTO ACUMULADO DEL Cu, Pb, Cd, As Y Hg EN 20 SEMANAS EN LA PRUEBA DE COLUMNA HÚMEDA.

Cuadro N°32: Acumulados de Cu, Pb, Cd, As, Hg en 20 semanas.



Fuente: Desarrollo de Investigación (Elaboración Propia).

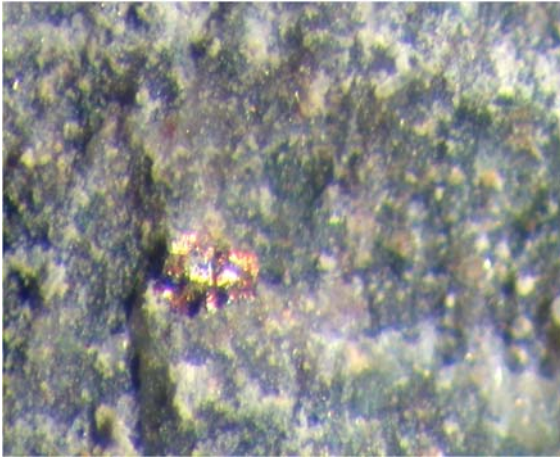
3.8.17 INTERPRETACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL SO₄, Fe, Ca, Mn, Zn EN LAS 20 SEMANAS:

En las extracciones acumuladas del cuadro N°31 durante las 20 semanas de manera secuencial se puede observar que predomina el Pb seguido del Cu, As, Cd y finalmente el Hg con valores que son aceptables a la normatividad vigente.

3.8.18 SITUACIÓN FINAL DEL DESMONTE SANTA CATALINA N°2 – 9A. TERMINADA LA PRUEBA DE COLUMNA HÚMEDA.

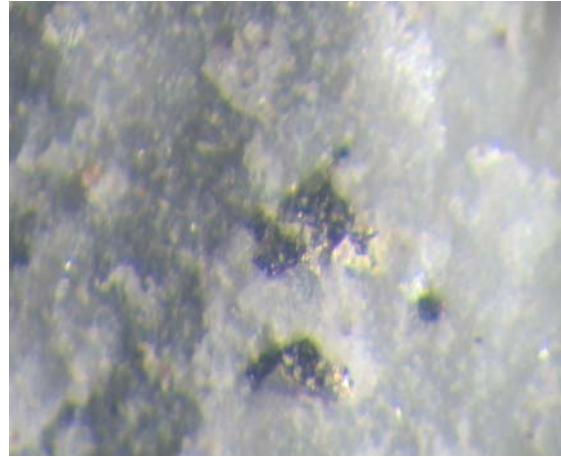
El Intemperismo ocurrido en la geoquímica del desmante, en la Prueba de Columna Húmeda indica las transformaciones por la reacción en presencia de agua, aire de los sulfuros y carbonatos a óxidos por oxidación e hidrólisis. Observando todavía remanente de carbonatos y sulfuros que no completaron su reacción debido a la situación de control natural de los minerales generadores de ácidos como los neutralizantes que están llevando a un equilibrio químico natural.

Desmante Santa Catalina N°2 – 9A .Al final de la prueba de Columna Húmeda



Fuente: Desarrollo de Investigación.

Figura N° 31: Foto microscópica



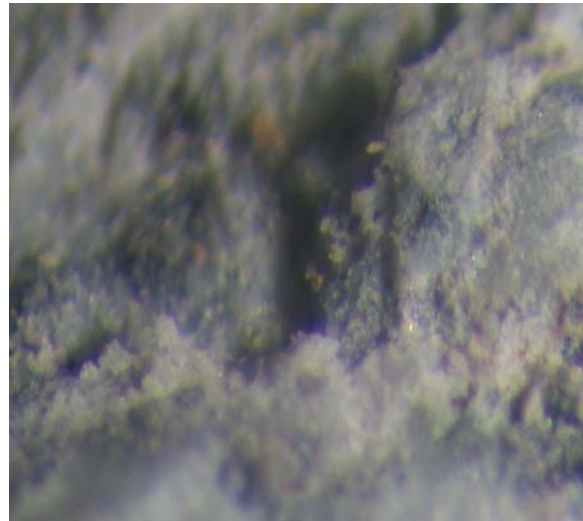
Fuente: Desarrollo de Investigación.

Figura N° 32: Se observó carbonatos



Fuente: Desarrollo de investigación.

Figura N° 33: Caliza y carbonatos



Fuente: Desarrollo de investigación.

Figura N°34: Predominan los carbonatos

IV.- DISCUSIÓN

Representaremos un proceso aproximado de lo sucedido en la Prueba de Columna Húmeda antes de empezar nuestra discusión en relación a trabajos previos ya realizados en nuestro país y en el extranjero por empresas españolas y canadienses.

Según la ecuación:



En nuestro desarrollo de investigación la Prueba Estáticas está basado en normativas del Ministerio de Energía y Minas. Siendo las siguientes:

Si PNN > +20; LA MUESTRA NO GENERA DRENAJE ACIDO.

Si PNN < -20; LA MUESTRA GENERA DRENAJE ACIDO.

Si -20 < PNN < +20; LA MUESTRA TIENE UN COMPORTAMIENTO INCIERTO.

Estudios realizados en el Proyecto Valentines de Uruguay por la Empresa Canadiense ECO METRIX en setiembre 2011 en su informe de prueba estática utilizaron rangos distintos según el cuadro N°32.

Cuadro N° 33: clasificaciones de Prueba Estática.

Parámetro	Color	Rango	Descripción
PN/PA	0	2 < PN/PA	No presenta potencial para generación de acidez
	0	1 < PN/PA < 2	Potencial para generación de acidez incierto
	0	PN/PA < 1	Presenta potencial de acidez
PNN	0	20 < PNN	No presenta potencial para generación de acidez
	0	20 < PNN < 20	Potencial para generación de acidez incierto
	0	-20 > PNN	Presenta potencial para generación de acidez.

Fuente: Proyecto Valentines, 2011.

La discusión en el caso de las pruebas estáticas vemos que utilizar valores comparativos más grandes a la unidad nos brinda con más certeza la definición del tipo de drenaje ácido y/o alcalino que genera un desmonte minero. Por tal razón nosotros utilizamos estos rangos en nuestra prueba de columna Húmeda además que realizamos la prueba de precipitación sintética que nos proporciona datos del comportamiento de acidez de una roca.

En lo que respecta a las pruebas de columna húmeda podemos discutir los realizados en Antamina en trabajos previos donde se utilizaron muestra in situ de 350 Kg. con granulometrías mayores a 10 pulgadas y solo en épocas de lluvia no llegando a poder extrapolar datos en otras épocas, sus trabajos de laboratorio fueron realizados en columnas de 10 centímetros de diámetro utilizando una muestra de 2 Kg.

Nuestro desarrollo de investigación ha mejorado la Prueba de Columna Húmeda utilizando una granulometría menor a 2 pulgadas, porque a si se pudo determinar los cambios y trasformaciones de la geoquímica de la roca a través del intemperismo y poder tener lixiviados más representativos en cada semana. Teniendo una muestra de 30 kg. en cada columna en un sistema de simulación climático que puede extrapolar a cualquier medio donde se pudiera que predecir el tipo de drenaje ácido y/o alcalino que pudieran generar impactos severos significativos.

Otra de las mejoras en nuestra discusión y que no se realizan en otros estudios realizados y que cabe mencionar es que realizamos el estudio de permeabilidad el cual proporciono datos que fue dato importante en el comportamiento de la roca la percolación del agua, aire húmedo y seco. Conociéndose que tanto de oposición existía para la obtención de una buena muestra.

V.- CONCLUSIÓN

El desmonte Santa Catalina N°2 – 9A. Está conformado por una granulometría gravoso – arenoso según su estudio realizado los cuales mineralógicamente se ha podido observar abundante silicatos y contenidos de carbonatos con presencia de menores cantidades de sulfuros y óxidos. Estos silicatos se encuentran constituidos por cuarzo, feldespatos potásicos, plagioclasas, cloritas, muscovita, biotita y rodonita, los carbonatos por calcita y rodrosita, los sulfuros principalmente predominan la pirita, calcopirita, esfalerita y galena. Los óxidos por hematita y pirolusita y contenido de arcillas por caolinita. Los porcentajes sumados de contenido de calcita y rodrosita están sumando el 5.41% y 5.21%; el contenido de pirita, calcopirita, esfalerita y galena cada suman el primero 3.16% y 2.57%. También en las pruebas cualitativas de granulometría los tamaños de las rocas son menores de 10" (pulgadas) teniendo una permeabilidad de 4.0×10^{-5} m/seg.

Por consiguiente, se pudo concluir que los resultados de los análisis estáticos al inicio del método de columna húmeda y los resultados de los análisis volumétricos, absorción atómica y espectrofotometría de rayos X, indicados en los distintos cuadros de comportamiento de las rocas que conforman el desmonte Santa Catalina N°2 – 9A dieron como resultado un tipo de drenaje generado por el intemperismo simulado y controlado llevado a cabo durante 20 semanas en la prueba de Columna Húmeda en el laboratorio del Instituto de Minería y Medio ambiente de FIGMM - UNI. Determino un tipo de agua que siendo evaluada con los estándares de calidad del agua Decreto Supremo N° 015 – 2015 – MINAN. Nos da una calidad de agua categoría 3.

VI.- RECOMENDACIÓN

Las recomendaciones son las siguientes:

1. La recomendación importante es que cuando se realiza el método de Columna Húmeda debe tomarse una muestra lo más representativa posible con un método simple pero de lugares más potencialmente acumulativos.
2. Importante es realizar el estudio macroscópico y microscópico de las muestras en estudio por el método de columna húmeda.
3. Que la Columna y el equipo de simulación este diseñado para una cantidad suficiente de muestra aprox. De 30kg. a 50kg.
4. Que el agua utilizada en todo el proceso debe ser agua destilada como base para poder determinar acidez y/o alcalinidad.
5. Debemos contar con reactivos QP, indicadores universales analíticamente puros.
6. El tipo de material a utilizar en el laboratorio debe estar bajo la norma 17025.
7. Los equipos de instrumentación deben estar calibrados con patrones internacionales para que los resultados proporcionados por el equipo no tengan ningún tipo de interferencia química.
8. El tipo de combustible utilizado debe ser acetileno analíticamente puro.
9. Que las etapas del desarrollo del método de columna húmeda debe ajustarse a la prueba estática en todo el proceso de su evaluación.

VII.- PROPUESTA

Las propuestas son las siguientes:

1. Se propone que el método de columna húmeda realizado puede tomarse en cuenta en los estudios de línea base, durante la construcción, operación, cuando la producción crece y en el cierre de la actividad.
2. Cuando un proyecto de inversión inicia se propone tomarse en cuenta el método de columna húmeda en todas las etapas de un proyecto de inversión.
3. También sería una herramienta a considerar en la valorización del medio ambiente, para la protección de los ecosistemas y el bienestar humano.
4. Podemos proponer que el método de Columna Húmeda también se puede utilizar en construcciones de condominios para viviendas, carreteras.
5. Otra proposición es utilizarlos en las construcciones de rellenos sanitarios antes y cuando se determine el cierre y poder predecir que impactos podría generarse.
6. También puede ser utilizado en las relaveras mineras los cuales pueden predecir la generación de impactos severos significativos y poder determinar la manera más eficiente en la mitigación con métodos activos y/o pasivos.

VIII.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ❖ ASTM D 5744-07: *Standard Test Method for Laboratory Weathering of SOLID Mterials Using a Humidty Cell.*(2000).
- ❖ ASTM D1067 - , *Métodos de Prueba Estándar para la Ácidez o Alcalinidad.* (Sobek et al – US. Epa – ABA)
- ❖ ASTM D5744 – 96 *Método de Prueba Estándar para Intemperismo Acelerado de Materiales Solidos Utilizando una Celda Húmeda Modificado.* (Publicación EPA SW – 846).
- ❖ Aranda C. *Caracterización Geoquímica de Rocas y su Manejo Ambiental en Antamina.*Revista Ambiental, Abril 2006.
- ❖ Conesa, V., Vitora, F., *Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental.*, España: Grafica Cuesta. (4^{ta} Edición), (Pág. 864), (2010).
- ❖ CANADA. Tipos de Contaminación de Agua a causa de la Minería. Minería y contaminación de Agua en la Columbia Británica. Ibid. pp. 61-75. octubre de 1997.
- ❖ Cornelius S. Hurbut, JR. *Manual de Mineralogía.* 2002.
- ❖ Conflictos Mineros en el Perú. Condición crítica, Marzo 2009, Oxfam, América).
<http://www.oxfamamerica.org/campaigns/extractive-industries>
- ❖ Dávila, J., *Diccionario Geológico.* Lima: Sector Energía y Minas.(Pág. 1006), (2007)
- ❖ Dana, J., *Manual de Mineralogía.* (21st edition). España: Domingraf Impressors,(Pág. 368), (2002).
- ❖ Fiel and Laboratory Methods to Overburden and Mnesoils, EPA – 600/2.78-054(1996).
- ❖ Gonzales de Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L., Oteo, C., *Ingeniería Geológica.* España: Prentice Hall. (Pág. 744), (2002).

- ❖ Gómez, D., *Evaluación de Impacto Ambiental.*, España: Grafica Cuesta, (2^{da} Edición), (749), (2003).
- ❖ Gómez Orea Domingo, México, 2003: Impreso en España: 2^{da} ed., pág. 169. ISBN: 84- 8476-084-7).
- ❖ Gilbert, M., Wendell, P., *Introducción a la Química Ambiental.* España: Pearson Prentice Hall, (3^{era} edición), (2008).
- ❖ Herrera Herbert, Juan. España, mayo 2007. Universidad Politécnica de Madrid. Capítulo 4, Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible en Minería. Necesidad de la Integración de la Minería en una estrategia de Desarrollo Sostenible.pág. 3).
- ❖ INGEMMET., *Parámetros Geológicos de Protección Ambiental.* Lima: Sector Energía y Minas.(Pág. 140), (2002).
- ❖ Instituto Geológico y Minero de España. *Métodos de Aguas Ácidas de Mina.* 2006
- ❖ José M. CUADRAT., M Fernanda Pita., *Climatología.* (6^a Edición). Madrid: Impreso en Level S.A., (Pag.496), (2001).
- ❖ Ledesma, M., *Principios de Meteorología y Climatología.* España: Ediciones Paraninfo, (1^{era} edición), (Pag. 531), (2011)
- ❖ LfMerkblatt 3.8/4;2010,Alemania
- ❖ Mason, B., *Principios de Geoquímica.* España: Ed. Omega S.A. (Pág. 333), (2000)
- ❖ Mateo, E., *Geomorfología.* Madrid: Prentice Hall, (Pág. 920), (2008)
- ❖ Mateo Gutiérrez Elorza, *Geomorfología.* Pág. 1276-173. 2008

- ❖ (Medellín, diciembre del 2009. Revista Gestión y Ambiente, volumen 15 – N°3 Problemática de los Pasivos Ambientales. ISSN 0124.177X. pp 125 -133)
- ❖ MINAM, *Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el Agua* Decreto Supremo N° 015 – 2015 – MINAM,(2015)
- ❖ MINAM, *Estándares de calidad Ambiental para suelo*. Decreto Supremo N° 002 – 2014 – MINAM, (2014)
- ❖ MINAM, *Reglamento sobre Transparencia, acceso a la Información Pública Ambiental y Participación Ciudadana en Asuntos Ambientales*. Decreto Supremo N° 002 – 2009 – MINAM,(2009)
- ❖ MINAM, *Estándares de calidad Ambiental (ECA) para el aire*. Decreto Supremo N°006 – 2013 – MINAM, (2013)
- ❖ MINAM, *Política Nacional del Ambiente*. Decreto Supremo N° 012 – 2009 – MINAM, (2009)
- ❖ MINAM, *Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental* N° 27446 y su reglamento EL Decreto Supremo N° 019 – 2009 – MINAM. Decreto Legislativo N° 1078 *Modificatoria del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental*, (2009).
- ❖ MINAM, *Límites Máximos Permisibles para la Descarga de Efluentes Líquidos de Actividades Minero – Metalúrgicas*. Decreto Supremo N° 010 – 2010 – MINAM, (2010).
- ❖ MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS, *Guía Ambiental para el Manejo de Drenaje Acido de Mina*. Dirección General de Asuntos Ambientales. (2000).
- ❖ MÉXICO, 2013. Universidad Nacional Autónoma de México, *“Residuos Mineros y la Generación de Drenaje acido: Pruebas de laboratorio y su aplicación en el diseño, construcción y operación de depósitos”*, pag.1,2)

- ❖ Ordoñez J., *Cartilla Técnica: Ciclo Hidrológico*. Lima: SENAMHI,(Pág. 41), (2011).
- ❖ Publicación EPA SW – 846.
- ❖ Porta, J., López, M., Roquero, C., *Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente*. (3^{er} ed.) Madrid: Ed. Mundi – Prensa. (Pág. 928), (2003)
- ❖ PCM, *Ley General de Residuos Sólidos*, Ley N° 27314, Modificatoria: Decreto Legislativo N°1065, Reglamento: DS. N° 057-2004-PCM, (2008)
- ❖ PCM, *Ley del Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres (SINAGER)*. Ley N° 29664. Su Decreto Supremo N° 048 – 2011 – PCM,(2011)
- ❖ Stanley, E., *Introducción a la Química Ambiental*. México: Editorial Reverte, (Pág. 724), (2007).
- ❖ Spoils-B., Liao, L. N. Huang, Z. H. Ye, C. Y. Lan, and W. S. Shu., *Cut-off Net Generation pH in predicting Acid-Forming Potencial in Mine.E.E.U.* (2007).
- ❖ Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía. 2008.
- ❖ Universidad Nacional de Ingeniería. Instituto de Minería y medio Ambiente. *Prueba Estática y Cinética de Desmonte Chupa, Igloo1 y Igloo2*. Enero 2012.
- ❖ Universidad Nacional Autónoma de México. México, 2013. “Residuos Mineros y la Generación de Drenaje ácido: Pruebas de laboratorio y su aplicación en el diseño, construcción y operación de depósitos”, pag.1)
- ❖ U.S. EPA “Field and Laboratory Methods Aplicable to Overburden and Minesoils”, EPA-600/2.78-054 (1996).

- ❖ Revista ESAICA. *Drenajes Ácidos de Mina, Formación y Manejo*. Vol. 1, pp. 53-57. Junio 2015.
- ❖ Vector Perú SAC. Ausenco Group Company. *Informe de Ensayos Cinéticos Drenaje Acido de Roca*. Mina Tukari. Aruntani SAC. Agosto 2008.
- ❖ Walsh Perú S.A., 2012
- ❖ Whitlw Roy. *Fundamentos de Mecánica de suelo*. 2000

IX.- ANEXO

ANEXO 1

1.1. INSTRUMENTOS

El principal instrumento utilizado para la Prueba de Columna Húmeda en la presente tesis esta netamente basado en la toma de muestra realizado en el desmonte Santa Catalina N°2 – 9A de la Compañía Minera Bateas. la cual se realizó de acuerdo a la Guía para Muestreo de Suelos. Decreto Supremo N° 002 – 2013 – MINAN.

Se elaboró una ficha de muestreo de la zona en estudio, recolectando datos de la empresa para un conocimiento del lugar y reconocimiento in situ.



Fuente: Desarrollo de Investigación (Elaboración Propia).

Figura N° 35: Realizando el reconocimiento del lugar en el Desmonte Santa Catalina N° 2 – 9A. lugar donde se tomaran las muestras para el estudio mediante el método de Columna Húmeda – en el Laboratorio del Instituto de Minería y Medio Ambiente de la FIGMM – UNI.

FICHA DE CAMPO

Cuadro N° 34: Ubicación, Punto de muestreo y toma de muestra.

DATOS DE UBICACIÓN

Departamento: Arequipa	Nombre del lugar de muestreo: Desmonte Santa Catalina N°2 – 9A
Provincia: Caylloma	Empresa: Compañía Minera Bateas
Actividad: Minería Polimetálica	Extracción: Mina Subterránea.

LUGAR DEL PUNTO DE MUESTREO:

NOMBRE: Desmonte Santa Catalina N°2 – 9A	TEMPERATURA: 5 °C
COORDENADAS: X: 8320707 Y: 194899	TÉCNICA DE MUESTREO: Aleatorio simple
ÁREA: 6000 m ²	DESCRIPCION PARA LLEGAR: Carretera afirmada
VOLUMEN: 48000 TN.	Altura: 4500 msnm

DATO DE LA TOMA DE MUESTRA

CODIGO DE LA MUESTRA:	D-9A
FECHA:	02/01/2017
HORA:	7 AM
PROFUNDIDAD:	50 cm
CANTIDAD DE MUESTRA:	70 Kg.
OBTENCION DE LA MUESTRA:	COMPOSITO POR CUARTEO
CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICAS:	
COLOR: BLANQUESINO Y GRIZ	
OLOR: NO PRESENTA PARTICULARIDAD	

Fuente: Desarrollo de Investigación (Elaboración Propia).



Fuente: Desarrollo de Investigación (Elaboración Propia).

Figura N° 36: Toma de Muestra en desmonte Santa Catalina N° 2-9A



Fuente: Desarrollo de Investigación (Elaboración Propia).

Figura N° 37: Personal de Minera Bateas colaborando en toma de muestra.

ANEXO 2

2.1 VALIDACION DE INSTRUMENTOS

Los instrumentos de validación son revisados y firmados por profesionales especialista en Minería y medio ambiente, geólogo y un asesor metodológico en geología y geoquímica de la Universidad Nacional de Ingeniería.

“Intemperismo en los Desmontes Mineros, identificación del tipo de drenaje mediante el método de Columna Húmeda. En Minera Bateas S.A.C.”



Fuente: Desarrollo de Investigación (Elaboración Propia).

Figura N° 37: Columna Húmeda Fabricado por el autor.



Fuente: Desarrollo de Investigación (Elaboración Propia).

Figura N° 38: Destilador fabricado por el autor.

VALIDACION DE INSTRUMENTO

1.- DATOS GENERALES

- 1.1. **Grado, Apellidos y Nombres:** Ing. Msc., en Minería y Medio Ambiente: Tuiro Salvador María Carmen.
- 1.2. **Institución donde Labora:** Laboratorio de Espectrometría de la FIGMM – UNI.
- 1.3. **Instrumento motivo de evaluación:**

“Intemperismo en los Desmontes Mineros, identificación del tipo de drenaje mediante el método de Columna Húmeda. En Minera Bateas S.A.C.”

- 1.4 **Autor:** Mendoza Apolaya Luis Fernando

II. EXPRESION DE VALIDACION

APRECIACION	GUIA	INADEMISIBLE					POCO ACEPTABLE			ADMISIBLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta enunciado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta conforme a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Este oportuno a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Objetiva una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Acepta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta apto para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se apoya en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe relación entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La tactica responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		

10. PERTINENCIA	El mecanismo muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		
-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--

I. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- Los mecanismos cumplen con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

93%

II. COCIENTE DE VALORACIÓN :

Lima, 14 de junio del 2017

FIRMA DEL PROFESIONAL

DNI:

Telf.

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I DATOS GENERALES

1.1 Grado, Apellidos y Nombres: Ing. Msc., en Geología: Huayhua Rojas, Jorge Félix

1.2 Institución donde Labora: Facultad de Ingeniería Ambiental– UNI.

1.3. Instrumento motivo de evaluación:

“Intemperismo en los Desmontes Mineros, identificación del tipo de drenaje mediante el método de Columna Húmeda. En Minera Bateas S.A.C.”

1.4 Autor: Mendoza Apolaya Luis Fernando

II EXPRESION DE VALIDACION

APRECIACION	GUIA	INADMISIBLE					POCO ACEPTABLE			ADMISIBLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta expresado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta aceptable a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta admisible a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Tiene una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Relaciona los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta conformado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se rige en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe relacion entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	Los mecanismos responden una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		

10. PERTINENCIA	El mecanismo muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		
-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- Los mecanismos cumplen con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. COCIENTE DE VALORACIÓN :

93%

Lima, 14 de junio del 2017

FIRMA DEL PROFESIONAL

DNI:

Telf.:

VALIDACION DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1 Grado, Apellidos y Nombres: Ing. Msc., en Geología:

Mendoza Apolaya Atilio

1.2 Institución donde Labora: Director del Instituto de Minería y Medio Ambiente de la FIGMM – UNI.

1.3. Instrumento motivo de evaluación:

“Intemperismo en los Desmontes Mineros, identificación del tipo de drenaje mediante el método de Columna Húmeda. En Minera Bateas S.A.C.”

II. **1.4 Autor:** Mendoza Apolaya Luis Fernando

III. EXPRESION DE VALIDACION

CRITERIOS	INDICADORES	INADMISIBLE						POCO ACEPTABLE			ADMISIBLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		

10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		
-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--

V. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- Los mecanismos cumplen con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

93%

VI. COCIENTE DE VALORACIÓN :

Lima, 14 de junio del 2017

FIRMA DEL PROFESIONAL

DNI:

Tef.:

ANEXO 3: Cuadro N°35: Matriz de Consistencia.

“Intemperismo en los Desmontes Mineros, identificación del tipo de drenaje mediante el método de Columna Húmeda. En Minera Bateas S.A.C.”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSION	INDICADORES	ESCALA
<p>PROBLEMA GENERAL ¿Cómo el Intemperismo genera drenajes ácidos en los desmontes de la Compañía Minera Bateas S.A.C.?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL Identificar el drenaje ácido de mina por el intemperismo en los desmontes en la Compañía Minera Bateas S.A.C.</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL El Intemperismo genera drenajes ácidos en los desmontes de la compañía minera Bateas S.A.C.</p>	<p>Identificación Del tipo de drenaje en los desmontes</p>	<p>Mineralogía</p> <p>Geoquímica</p> <p>solubilidad</p>	<p>Dureza, color, brillo, reacciones</p> <p>atmosfera Temperatura pH composición química Bacterias Metales pesados</p> <p>Organolépticos Potencial Redox Conductividad</p> <p>Concentración SPLP</p>	<p>Mohs % nm hpas °C Acido/Base mg/l mg/l Color color sabor mv µS/cm mg/L</p>
<p>PROBLEMA ESPECÍFICO --- ¿Cómo la mineralogía del drenaje ácido de mina produce el intemperismo en los desmontes de la Cía. Minera Bateas S.A.C.? --- ¿De qué manera la geoquímica interactúa en el drenaje ácido de mina de los desmontes de la Cía. Minera Bates S.A.C.? --- ¿Cómo la solubilidad genera el drenaje ácido de mina en los desmontes de la Cía. Minera Bateas S.A.C.?</p>	<p>OBJETIVO ESPECÍFICO --- Identificar la composición mineralógica que genera drenaje ácido de mina producido mediante el intemperismo de los desmontes de la Cía. Minera Bateas. --- Caracterizar la geoquímica para determinar el drenaje ácido de mina producido por el intemperismo de los desmontes de la Cía. Minera Bateas S.A.C. --- Determinar la solubilidad de metales en el drenaje ácido de minas que produce el intemperismo de los desmontes de la Cía. Minera Bateas S.A.C.</p>	<p>HIPÓTESIS ESPECÍFICO ---- La composición Mineralógica producirá drenaje ácido por el intemperismo de los desmontes de la Cía. Minera Bateas S.A.C. -- La geoquímica ocasiona drenaje ácido de mina en los desmontes de la Cía. Minera Bateas S.A.C. -- La solubilización genera el drenaje ácido de mina en los desmontes de la Cía. Minera Bateas S.A.C.</p>	<p>Intemperismo De los desmontes</p>	<p>Meteorología</p> <p>Granulometría</p> <p>PNN</p> <p>Minerales consumidores de acidez</p> <p>Clasificación del Intemperismo</p>	<p>Temperatura</p> <p>Tamaño de la roca</p> <p>PN, PA</p> <p>Organolépticos</p> <p>Ca, Mg, CO₃ pH Físico Químico Biológico</p>	<p>°C</p> <p>Pulgadas</p> <p>KgCaCO₃/tm, %S Color Olor Sabor mg/l</p>

Fuente: Desarrollo de Investigación (Elaboración Propia).