

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**ESCUELA DE POSGRADO**  
**PROGRAMA DE MAESTRÍA**  
**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN INGENIERÍA QUÍMICA**



**TESIS**

**IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL POR  
RIESGOS AMBIENTALES DEL SITIO MINERO DE SAQUI DISTRITO DE  
SINA – SAN ANTONIO DE PUTINA**

**PRESENTADA POR:**

**JORGE ARHUANCA CARTAGENA**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:**

**MAGISTER SCIENTIAE EN INGENIERÍA QUÍMICA**

**PUNO, PERÚ**

**2017**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO

PROGRAMA DE MAESTRÍA

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN INGENIERÍA QUÍMICA

TESIS

IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL POR  
RIESGOS AMBIENTALES DEL SITIO MINERO DE SAQUI DISTRITO DE  
SINA – SAN ANTONIO DE PUTINA

PRESENTADA POR:

JORGE ARUHUANCA CARTAGENA

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAGISTER SCIENTIAE EN INGENIERÍA QUÍMICA

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

  
M.Sc. HIGINIO ALBERTO ZÚÑIGA SANCHEZ


PRIMER MIEMBRO

  
M.Sc. DALMIRO CORNEJO OLARTE

SEGUNDO MIEMBRO

  
M.Sc. ROGER HUANQUI PÉREZ

ASESOR DE TESIS

  
M.Sc. GERMAN QUILLE CALIZAYA

**ÁREA:** Seguridad industrial y ambiental.  
**TEMA:** Identificación y valoración ambiental.  
**LÍNEA:** Evaluación de metales pesados.

Puno, 09 de marzo de 2017

## DEDICATORIA

A Nuestro Padre Creador y al Cielo Divino  
por todas las bendiciones recibidas a lo largo  
de toda mi vida.

A mis Padres Sebastian Aruhuanca Coapaza  
y Elvira Cartagena Cutipa, con mucha gratitud,  
en reconocimiento a su esfuerzo y dedicación  
en mi formación personal, profesional y laboral  
Así mismo a mi esposa por todo el apoyo  
incondicional recibido.

## AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional del Altiplano, a la Escuela de Posgrado, a la Maestría en Ciencias de la Facultad de Ingeniería Química, en la que complemente mi carrera post profesional.
- A mis Docentes de la Maestría en Ciencias: Mención en Ingeniería Química por su contribución académica a mi formación post profesional.

**ÍNDICE GENERAL**

	<b>Pag.</b>
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE ANEXOS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix

**CAPÍTULO I****PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN**

1.1	PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACION	3
1.2	FORMULACION DEL PROBLEMA	5
1.2.1	Problema general	5
1.2.2	Problemas específicos	5
1.3	JUSTIFICACION	6
1.3.1	Justificación económica	6
1.3.2	Justificación ambiental y social	7
1.4	OBJETIVOS	8
1.4.1	Objetivo general	8
1.4.2	Objetivos específicos	8
1.5	HIPOTESIS	8
1.5.1	Hipótesis general	8
1.5.2	Hipótesis específicas	8

**CAPÍTULO II****MARCO TEÓRICO**

2.1	ANTECEDENTES	10
2.2	MARCO CONCEPTUAL	16
2.2.1.	Impacto ambiental	16
2.2.2.	Identificación de impacto ambiental	16
2.2.3.	Valoración de impacto ambiental	18

2.2.4	Procedimiento	25
<b>CAPÍTULO III</b>		
<b>METODOLOGÍA</b>		
3.1.	METODOS EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL	37
3.2.	TOPOGRAFÍA Y UBICACIÓN GEOGRAFICA	37
3.3.	CLIMA Y METEOROLOGÍA	38
3.3.1.	Calidad del aire	39
3.3.2.	Geomorfología	39
3.3.3.	Impactos al ambiente físico	41
3.4.	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	47
3.4.1.	Selección de los puntos de muestreo	47
3.4.2	Ubicación de los puntos de muestreo	47
3.4.3.	Parámetros determinados	48
<b>CAPÍTULO IV</b>		
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>		
4.1.	CLIMA Y METEOROLOGÍA	55
4.2.	GEOMORFOLOGIA	59
4.3.	GEOLOGÍA REGIONAL	61
4.3.1.	Paleozoico inferior	62
4.3.2.	Depósitos cuaternarios	65
4.4.	GEOLOGIA LOCAL	66
4.4.1.	El paleozoico inferior	66
4.4.2.	Análisis de parámetros fisico-quimicos	66
4.4.3.	Análisis de laboratorio	67
4.5.	RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS	76
4.6	EVALUACIÓN DE RIESGO AMBIENTAL (MATRIZ DE LEOPOLD)	78
	CONCLUSIONES	79
	RECOMENDACIONES	82
	BIBLIOGRAFÍA	83
	ANEXOS	89

## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
1. Aspectos importantes de los PAM en Perú, Chile y Bolivia	15
2. Componentes ambientales	30
3. Componentes ambientales considerados en la Matriz de Leopold.	34
4. Actividades propuestas en la Matriz de Leopold.	35
5. Coordenadas en referencia	37
6. Identificación de los componentes ambientales.	46
7. Ubicación de estaciones de monitoreo de efluentes.	48
8. Precipitación Total Mensual (mm)	56
9. Precipitación Total Mensual (Mm)	56
10. Evaporación Promedio Mensual (Mm)	57
11. Temperatura Media Mensual y Anual °C	58
12. Humedad Relativa Promedio Mensual	59
13. Columna estratigráfica	62
14. Límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero – metalúrgicas	68
15. Datos de pH	69
16. Plomo total en agua	71
17. Datos Mercurio Total en agua	73
18. Datos Plomo total (sedimentos)	74
19. Datos Mercurio Total Sedimentos	75
20. Área de influencia minera del río Saquí - distrito de Sina	78

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
1. Variación de la Temperatura Media Mensual Estación Ananea	58
2. Interpretación del pH	70
3. Plomo Total	72
4. Mercurio Total	73
5. Plomo Total (sedimentos)	74
6. Mercurio Total (sedimentos)	75
7. Mapa 1	115
8. Mapa 2	115
9. Mapa 3	116



## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
1. Normas Legales DS-010-2010-MINAM	90
2. Estándares para Sedimentos	94
3. Determinación de mercurio	95
4. Mapas	115
5. Informe de ensayos	117

## RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó con la finalidad de determinar los impactos ambientales producidos por la explotación minera en la zona Saqui. La precipitación media anual es 687.5 mm en la estación Ananea, el mes de más alta precipitación es Enero con 128.3 mm y la precipitación más baja se presenta en el mes de Julio con 5.5 mm. La metodología utilizada está basada; primero, en la toma de muestras de aguas previa determinación de los puntos elegidos, evaluar in situ las condiciones ambientales de la zona y finalmente el procesamiento de resultados e interpretación de los resultados. La contaminación que se genera de los proyectos mineros producto de la actividad minera se tiene que, el plomo tiene los siguientes resultados en las muestras de agua: En la muestra M 01 = 0.215 mg/L, en la M 02 = 0.019 mg/L, en el M 03 = 0.031 mg/L, en el M 04 = 0.02 mg/L, la M 01 supera el LMP que es de 0.2 mg/L. Así también el mercurio tiene los siguientes resultados: En la muestra M 01=0.0021 mg/L, M 02=0.0159 mg/L, M 03=0.0155 mg/L, y en el M 04=0.002 mg/L, de tal forma que este parámetro está sobrepasando los LMP que es 0.0020 mg/L. En las muestras de Sedimentos el plomo se tiene los siguientes resultados M 01 = 26 mg/kg, en la M 02 = 26 mg/kg, en el M 03 = 19 mg/kg, en M 04 = 19 mg/kg está por debajo de los LMP de(U.S.E.P.A) que es de 46.7 mg/kg. El mercurio tiene M 01 = 0.72 mg/kg en la M 02 = 0.51 mg/kg, en el M 03 = 0.29 mg/kg, en M 04 = 0.55 mg/kg, de tal forma que este parámetro está sobrepasando los LMP que es 0.15 mg/kg De lo que se puede deducir los resultados sobrepasan los LMP, generando impactos ambientales en dicho sector, eso implica una contaminación ambiental en la zona.

**PALABRAS CLAVE:** Calidad ambiental, contaminación ambiental, grado de contaminación, identificación, impacto ambiental, valoración de riesgos ambientales.

## ABSTRACT

The research work has with the purpose of determining the environmental impacts produced by the mining exploitation in the zone Saqui. The average annual precipitation is 687.5 mm in the Anátea station, the month of highest precipitation is January with 128.3 mm and the lowest precipitation occurs in the month of July with 5.5 mm. The methodology used is based; First, in the preliminary water samples determination of the chosen points, to evaluate in situ the environmental conditions of the area and finally the processing of results and interpretation of the results. The contamination that is generated from the mining projects resulting from the mining activity has, lead has the following results in the water samples: In the sample M 01 = 0.215 mg/L en la M 02 = 0.019 mg/L, en el M 03 = 0.031 mg/L, en el M 04 = 0.02 mg/L la M 01 exceeds the LMP that is 0.2 mg/L. Mercury also has the following results: In the sample M 01=0.0021 mg/L. M 02=0.0159 mg/L. M 03=0.0155 mg/L. y en el M 04=0.002 mg/L, so that this parameter is exceeding LMP which is 0.0020 mg / L. In the sediment samples the lead has the following results M 01 = 26 mg/kg en la M 02 = 26 mg/kg, en el M 03 = 19 mg/kg, en el M 04 = 19 mg/kg is below the LMP of (U.S.E.P.A) which is 46.7 mg / kg. Mercury has M 01 = 0.72 mg/kg en la M 02 = 0.51 mg/kg, en el M 03 = 0.29 mg/kg, en el M 04 = 0.55 mg/kg, so that this parameter is surpassing the LMP that is 0.15 mg / kg. From what can be concluded of the results that surpass the PML, if they generate environmental impacts in that sector, that implies an environmental contamination in the zone.

**KEYWORDS:** assessment of environmental risks, degree of contamination, environmental impact, environmental pollution, environmental quality, identification.

## INTRODUCCIÓN

La actividad minera, como la mayor parte de las actividades que realiza el ser humano para su subsistencia, crea alteraciones en el medio ambiente, desde las más imperceptibles hasta las que representan claros impactos sobre el medio en que se desarrollan.

Esto nos lleva a definir el concepto de impacto ambiental de una actividad, la diferencia existente en el medio ambiente entre el momento en que la actividad comienza, el momento en que la actividad se desarrolla, y, sobre todo, el momento en que termina. Estas cuestiones, que hace algunos años no se percibían como un factor de riesgo ambiental para el futuro de la humanidad, hoy se contemplan con gran preocupación, que no siempre está justificada, pues el hombre viene alterando el medio desde que ha sido capaz de ello, pero ciertamente los abusos cometidos en este campo han hecho que crezca la conciencia de la necesidad de regular estos impactos. De cualquier manera, también debe quedar claro que el hombre necesita de los recursos naturales uno de ellos son los recursos mineros que los utiliza hoy, y los necesitará en el futuro. Otro punto a destacar es que la actividad minera es infinitamente menos impactante que otras actividades industriales, como el desarrollo de obras civiles (impacto visual, modificación del medio original) y la agricultura (uso masivo de productos químicos: insecticidas, pesticidas, fertilizantes).

Toda actividad minera está obligado a realizar un monitoreo de sus efluentes mineros con el objetivo de establecer el nivel de concentración o el grupo de elementos presente en el efluente líquido; que no representen riesgos significativos para la salud de las personas ni para el ambiente.

Por otro lado la minería es una actividad productiva que genera mayores divisas al Perú, considerando al mismo tiempo que la mayor parte de la actividad minera viene desarrollándose en pequeña escala como medio de sustento para pequeños productores mineros y mineros artesanales.

La finalidad de esta investigación es caracterizar e identificar los impactos ambientales generados por los proyectos mineros en la zona de Saquí.

## CAPÍTULO I

### PROBLEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1 PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACION

La creciente preocupación por el medio ambiente ha propiciado que se conciban y diseñen diversos mecanismos e instrumentos para predecir, prevenir y controlar los impactos ambientales de las actividades humanas.

Uno de los problemas medioambientales más acuciantes en la actualidad es la escases y el mal uso de recurso natural como son el agua, suelo, etc. en estos últimos años la capacidad depuradora del medio ambiente ha dejado de ser suficiente y los contaminantes presentes en efluentes han sobrepasado con creces los niveles permitidos, provocando la contaminación de las aguas y sobre todo las cuencas.

El agua es esencial para la vida y puesto que su contaminación puede tener consecuencias graves en la salud, especialmente si la contaminación conduce a compuestos patogénicos, la ciencia ha dedicado un enorme esfuerzo al tratamiento de las aguas, tanto potables como residuales. Sea el caso de los metales, que llegan al agua desde las grandes industrias o desde cualquier casa y a los que no hace mucho no se daba gran importancia. Hoy se sabe que en el

medio acuático puede ocurrir una serie de reacciones que pueden convertir un material “inofensivo” en uno tóxico. Son numerosas las industrias que lanzan metales a las aguas, siendo los metales más peligrosos: mercurio, plomo, cadmio, arsénico, cromo y manganeso. Además de estas industrias y las viviendas particulares, los metales pueden llegar al agua por efecto de la lluvia sobre el suelo y las rocas, actividad agrícola, etc. (Rodríguez, 1991)

La sociedad en su conjunto ha comenzado a reaccionar ante la necesidad de mantener un equilibrio, un desarrollo sostenible, sin deteriorar los recursos, las riquezas y energías que hacen posible la vida en nuestro planeta. Los cambios exigen un esfuerzo profundo y continuo así como herramientas y medios adecuados que impulsen un cambio de actitudes, la adquisición de los conocimientos, valores, destrezas, experiencias y capacidades que permitan la participación activa, individual o colectiva, en la protección del medio ambiente y el uso prudente y racional de los recursos naturales. (Rodríguez, 1991).

La identificación y valoración del impacto ambiental se encuentra localizado en la concesión minera “Cunuyo 2003” que se encuentra ubicado en el paraje Mina Pata, sector saquí, Provincia de San Antonio de Putina, Departamento de Puno a una altitud de 4180 m.s.n.m.

El río Yagua Yagua nace del cerro Yagua Yagua en la frontera con Bolivia, su cauce pasa por el NE de la zona de proyecto, el río ya mencionado conforme avanza hacia NW se une con el río Cunuyo que más adelante forman el río Saquí y éste posteriormente será parte del río Tambopata.

La explotación artesanal afecta al medio ambiente generando impactos y modificaciones en dicha zona, frente a este problema existente se opta por

realizar este estudio para determinar medidas de mitigación hacia los impactos generados. En la cual no se está cumpliendo de acuerdo a la normatividad vigente.

La evaluación de la contaminación es de vital importancia para la protección del medio ambiente en el área del proyecto que presenta pendientes abruptas, por lo que río Saquí es afectado por los efluentes líquidos de un procesamiento artesanal del proyecto GAU (Empresa Minera), que incide directamente en la comunidad de Saquí e indirectamente en sus actividades agrícolas domésticas y otros.

Por todo lo anterior, se hace necesario el estudio de la identificación y valoración de los efluentes de aguas residuales y mejorar los valores máximos permisibles, planteando la siguiente pregunta.

## **1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA**

### **1.2.1 Problema general**

¿Cómo se identifica y valora los riesgos ambientales para el sitio minero del sector Saquí en el distrito de Sina?

### **1.2.2 Problemas específicos**

- ¿Cómo se identifica y valora los riesgos ambientales?
- ¿Cuál es la situación Medio Ambiental de los componentes ambientales y sociales (ambiente físico, biológico y social) en dicha zona, en San Antonio de Putina, sector Saquí?
- ¿Cuál es la calidad de agua, suelo comparado con los Estándares de Calidad Ambiental, ocasionado por las interacciones de los



aspectos ambientales sobre los componentes ambientales en el sector Saquí?

### **1.3 JUSTIFICACION**

Actualmente la población de la zona de Saquí de la provincia de San Antonio de Putina, enfrenta potenciales riesgos hacia su salud y bienestar físico, debido a la contaminación y degradación de la calidad ambiental de su entorno natural del río Saquí que está cerca del distrito de Saquí. La limitada capacidad para prevenir y solucionar los problemas ambientales del distrito, ocasionaron la contaminación y pérdida de flora y fauna de la zona, la deforestación y pérdida de cobertura vegetal, la dispersión de aguas residuales y el surgimiento de riesgos para la salud de los habitantes del distrito; debido también a la limitada capacidad para organizar un proceso orientado a administrar, planificar, evaluar y monitorear con la mayor eficiencia posible los recursos ambientales existentes en el ámbito jurisdiccional del distrito, buscando mejorar la calidad de vida de los habitantes en un contexto de desarrollo sostenible, es decir articulando aspectos sociales, económicos y ambientales.

#### **1.3.1 Justificación económica**

La inversión así como el período de recuperación de la inversión de una planta de espesamiento suele ser en muchos casos más competitiva que la aplicación de otras tecnologías, como la de tratamiento de agua de río, por el costo de tratamiento. Sin embargo, el presente estudio no pretende realizar una comparación de otras tecnologías de obtención de agua, ya que es obvio que los costos son particulares para cada caso, así

por ejemplo, dependen de las distancias entre la planta y la fuente de agua, las condiciones del sitio, etc.

### 1.3.2 Justificación ambiental y social

Además de la justificación económica, existe actualmente un compromiso ambiental y social para la reducción del impacto de toda operación minera. Hoy en día, las tecnologías de disposición de relaves convencionales, aguas arriba, aguas abajo y centrales, son vistas por el público como instalaciones inestables. Con la evaluación del grado de contaminación, las ventajas ambientales y sociales más importantes de su estudio son:

- i. Disminución del área de impacto, disminución de la contaminación de suelos y aguas subterráneas. Reducción y/o eliminación de la generación de agua ácida y transporte de contaminantes. Disminución de la exposición de vida salvaje a agua potencialmente contaminada o a relaves blandos donde pueden quedar atrapados (Morin et al, 1998).
- ii. Recuperación de mayor cantidad de agua para uso en los procesos y por ende reducción del consumo de agua fresca, lo cual genera que la percepción del público sobre las presas de relaves mejore al ser considerada una instalación estructuralmente más estable.

## 1.4 OBJETIVOS

### 1.4.1 Objetivo general

Identificar y Valorar los riesgos ambientales producidos por la contaminación de aguas residuales por exposición de Pb y Hg, de la contaminación minera en el sector Saquí, Causa – Efecto (Matriz de Leopold).

### 1.4.2 Objetivos específicos

- Identificar los impactos ambientales directos e indirectos al medio ambiente físico, socioeconómico del área de influencia, sector Saquí,
- Determinar la concentración de Pb y Hg en agua y sedimento, para compararlos con Estándares de Calidad.
- Determinar el grado de contaminación ambiental del sector de Saquí.

## 1.5 HIPOTESIS

### 1.5.1 Hipótesis general

La identificación y valoración de los riesgos ambientales para el sitio minero depende del grado de contaminación.

### 1.5.2 Hipótesis específicas

- El grado de contaminación del sector Saquí está en función del impacto ambiental de los riesgos ambientales del sector.

- La situación ambiental de los componentes ambientales y sociales en el sector saquí determina las características del entorno y el estado de contaminación actual del medio ambiente afectado.
- La calidad del agua y sedimentos se compara con los estándares de calidad Nacional para aguas y sedimentos y USEPA del sector saquí con los aportes de contaminantes que recibe en función de las actividades socioeconómicas que se desarrolla en la zona de estudio alterando la calidad ambiental.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 ANTECEDENTES

Harte et al (1995), Moreno y Devars(1999), investigaron que los metales son elementos naturales de la corteza terrestre. Tienen un papel importante en los organismos al ser parte fundamental de sus funciones bioquímicas y fisiológicas. Los organismos vivos requieren de diversos iones inorgánicos esenciales como  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ; pero algunos, como el  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ , son tóxicos cuando se encuentran en concentraciones relativamente elevadas. Otros iones son tóxicos y sin alguna actividad biológica asociada, como por ejemplo, los metales pesados  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Ag}^{2+}$ , o metaloides como el arsénico. Estos suelen penetrar a la célula a través de los mismos sistemas de captación que utilizan los iones metálicos fisiológicamente esenciales.

(Universidad de San Luis en St. Louis, Missouri, Estados Unidos, y el Arzobispado de Huancayo, 2005). Reportaron que los porcentajes de casos con niveles hemáticos de plomo en sangre desde 0 hasta 0.69 mg/L en La Oroya y Concepción divididos en cuatro grados de elevación: de menos de 0.10 mg/L; de

0.10 a 0.19 mg/L; de 0.20 a 0.44 mg/L; y de 0.45 a 0.69 mg/L. En La Oroya se aprecia solo un 2.7% de los casos (equivalente a una sola persona) tiene un nivel de menos de 0.10 mg/L, en Concepción el 76.19% está en este grado de nivel no elevado de plomo en sangre. Lo opuesto se puede ver especialmente en niveles elevados de 0.20 a 0.44 mg/L donde el 72,22% de la población de La Oroya tiene estos niveles de elevación en comparación con Concepción donde sólo el 4,6% tiene estos niveles.

Moreno y Devars (1999), Dudka (1997) indicaron que el arsénico (As) y el plomo (Pb) se encuentran en el ambiente de manera natural, existen, sin embargo, actividades agrícolas, ganaderas, industriales y mineras, que son consideradas como fuentes de contaminación de estos metales.

Cuentas (2008), ha realizado la evaluación cualitativa de los impactos ambientales generados por la actividad minera en la zona de la Rinconada, para ello, se utilizó tres métodos de evaluación de impactos ambientales: el método de Criterios Relevantes Integrados (CRI), el método de Evaluación Rápida de Impactos Ambientales (RIAM) y el método de evaluación propuesto por Vicente Conesa. Ha identificado 21 componentes ambientales susceptibles de sufrir impactos y 18 actividades mineras que pueden generar impactos. Ha determinado 115 impactos. Los componentes ambientales que sufren mayor impacto son: la topografía, los suelos y la calidad de agua superficial en forma negativa y la dinamización del comercio local y el empleo en forma positiva; las actividades mineras que generan mayor impacto son: la minería artesanal, la disposición de desmonte, el depósito de relaves, la recuperación artesanal del oro y la infraestructura de servicios.

Chavez (2012) ha estimado los riesgos en la salud: Los mayores riesgos por efectos No Cancerígenos “No Aceptables” por arsénico ( $HQ > 1$ ) suceden en Villa de la Paz y son ligeramente mayores de los que ocurren en Matehuala. Los mayores riesgos por efectos No Cancerígeno “No Aceptables” probablemente se dan para el grupo poblacional de los niños. Así mismo se estimó que los mayores riesgos por efectos Cancerígenos “No Aceptables” ( $RC > E-04$ ) ocurren en zonas residenciales.

Los miembros de comunidades locales, sobre todo niños, en donde se asientan estas fuentes de contaminación pueden estar expuestos a estos metales a través de la ingesta o inhalación de polvo o de suelos contaminados (Sakuma et al. (2002), Dura. (2010), Pebe *et al.* (2008)), y también de manera directa a través de la absorción o el contacto dérmico o al consumir productos cultivados en suelos contaminados (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (2007), Lee *et al.* (2008)).

Para realizar una adecuada caracterización del riesgo ambiental que representa un sitio contaminado se requiere la construcción de su modelo conceptual del sitio (MCS). La relación entre la intensidad de la contaminación ambiental del As y Pb y su potencial de riesgos para la salud humana puede ser estimada empleando metodologías de evaluación de riesgos.

La evaluación de riesgos para la salud (ERS) en sitios mineros contaminados, es una herramienta útil para establecer las áreas donde existe el mayor potencial de riesgo por exposición de la población a los contaminantes y, por ello, la de mayor prioridad para su remediación. (United States EPA, 2000).

Arroyo (2006), en su investigación “Aplicación de la Matriz de Leopold en Minería” concluye lo siguiente:

- La aplicación de la matriz de Leopold da resultados sobre la fragilidad de los factores ambientales y el grado de agresividad de cada acción ambiental, de manera que si aplicamos una medida correctora sobre una acción se verán los efectos positivos sobre los factores afectados. El presente trabajo puede ser adoptado como guía en las evaluaciones de impacto ambiental para actividades mineras y todas aquellas que pudieran tener efectos adversos al medio ambiente.
- El trabajo puede ser adoptado como guía fermentativa de aplicación de la matriz de Leopold en las evaluaciones de impacto ambiental para actividades mineras, por cuanto se ha desarrollado un ejemplo, a partir del cual pueden realizar comparaciones e interpretaciones.

Arroyo (2006), su trabajo demuestra que el proyecto puede realizarse, pese a existir el impacto crítico sobre las aguas, sin embargo, las acciones que ocasionan esta contaminación no son producto de la instalación de la planta, sino de la explotación informal, sobre el que también se proponen medidas correctivas.

Villegas (2003), en general podría asumirse que los “límites admisibles” aplicados en cada país son una muestra de la “cantidad” de contaminación que una sociedad puede soportar. Los límites admisibles que se fijan son un instrumento de gestión tomado de la economía ambiental como una búsqueda a la respuesta de porque las personas se comportan de manera tal que ocasionan la destrucción del ambiente



Para Oblasser y Chaparro, (2008). El riesgo se define como la “probabilidad o posibilidad de que un contaminante pueda ocasionar efectos adversos a la salud humana, en los organismos que constituyen los ecosistemas o en la calidad de los suelos y del agua, en función de las características y de la cantidad que entra en contacto con los receptores potenciales, incluyendo la consideración de la magnitud o intensidad de los efectos asociados y el número de individuos, ecosistemas o bienes que, como consecuencia de la presencia del contaminante, podrían ser afectados tanto en presencia como en futuro”.

El Perú fue el primer país latinoamericano que estableció un marco jurídico específico para los PAM (Pasivos Ambientales Mineros), forzado e impulsado entre otros por la gran resistencia que hubo en la población contra nuevos proyectos mineros como por ejemplo el de Tambogrande, en el que una comunidad logró detener en el año 2002 un proyecto minero.

**Cuadro 1. Aspectos importantes de los PAM en Perú, Chile y Bolivia**

ASPECTO	PERU	CHILE	BOLIVIA
<b>Definición PAM</b>	Los pasivos ambientales mineros son instalaciones, efuentes, emisiones, restos o depósitos de residuos producidos por operaciones mineras, en la actualidad abandonadas o inactivas y que constituyen un riesgo permanente y potencial para la salud de la población, el ecosistema circundante y la propiedad, según la ley No.28271."	"Faena minera, abandonada o paralizada, incluyendo sus residuos, que constituye un riesgo significativo para la vida o salud de las personas o para el medio ambiente".	Pasivos ambientales el conjunto de impactos negativos perjudiciales para la salud y/o el medio ambiente, ocasionados por determinadas obras y actividades existentes en un determinado período de tiempo y los problemas ambientales en general no solucionados por determinadas obras o actividades.
<b>Normativa Existente Fuentes de Financiación para PAM</b>	Ley de Pasivos Ambientales Mineros. Ley de Cierre de Minas. Para el inventario de los PAM se usaron fuentes de financiación del BID y recursos propios del Estado. La fuente financiera es principalmente la cooperación financiera internacional y adicionalmente un monto presupuestal anual del Estado Chileno. No	Proyecto de Ley. Existe legislación sobre cierre de minas. Recursos del Estado y Cooperación Internacional para el diseño de la metodología. La asignación de responsabilidades pretende encontrar recursos para remediación.	No existe legislación específica frente a PAM. Existe legislación sobre cierre de Convenios Internacionales
<b>Institucionalidad minero ambiental</b>	Autoridad nacional ambiental es el Consejo Nacional del Ambiente CONAM. La entidad a cargo del sector minero y de los PAM en Perú es el Ministerio de Energía y Minas MEM. La estructura administrativa del Ministerio contempla dos Viceministerios, el de Energía y el de Minas, ésta con sus tres órganos técnicos, la Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros DGAAM, la Dirección General de Minería DGM y la Dirección General de Gestión Social.	La autoridad ambiental es el Ministerio de Minas que tiene una autoridad ambiental, el CONAMA representada por las COREMA en las regiones. SERNAGEOMIN es el organismo público competente para la seguridad minera, pero en cuanto a la evaluación del riesgo para el medio ambiente o para la salud de la población carece de esta competencia. El anteproyecto propone que el Sernageomin y la CONAMA así como otros órganos de la Administración del Estado sean competentes en el manejo de PAM.	La institucionalidad en Bolivia está conformada por el Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación encargada del manejo ambiental y el Ministerio de Minería y Metalurgia. El Viceministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, del MDSP es la más alta autoridad para el medio ambiente que coordina con el Viceministerio Ambiental del MMM.
<b>Estado actual de PAM</b>	850 PAM. El número de PAM se ha incrementado entre 2001 y 2006 en un 39%, existen regiones del Perú en donde el número de los PAM se ha incrementado en un 82%.	213 PAM, de las cuales 42 presentan riesgo ambiental y 71 riesgo físico. Hay aprobados a Junio de 2007, 140 planes de cierre a pesar de que en 1990 se identificaron 665 tranques de relaves donde el 50% se encuentran sin condiciones adecuadas de cierre.	211 minas en 34 distritos mineros en los departamentos Oruro (19 municipios), Potosí (12 municipios) y Cochabamba (1 municipio), de las cuales 23% se encuentran en operación y 69,7% abandonadas, 6,6% parcialmente abandonadas o paralizadas
<b>Régimen de Responsabilidad de PAM</b>	El PAM está ligado al concepto de concesión minera. La ley obliga a los concesionarios mineros a informar sobre la existencia de PAM. La responsabilidad es objetiva, compartida y retroactiva.	Por regla general, la responsabilidad en la legislación chilena es de naturaleza subjetiva. Se propone que la ley de PAM sea retroactiva. El proyecto de ley propone obligar a informar sobre la existencia de PAM a los concesionarios, empresarios mineros, propietarios de terrenos y a las municipalidades.	El nuevo operador o concesionario debe estudiar las condiciones de línea base existentes al momento de la transferencia de la propiedad. Aquellos que no realizan el estudio de la línea de base ambiental tendrán que asumir la responsabilidad de mitigar todos los daños ambientales en su concesión y actividades mineras que no haya informado.
<b>Definición de riesgo</b>	"Probabilidad o posibilidad de que un contaminante pueda ocasionar efectos adversos a la salud humana, en los organismos que constituyen los ecosistemas o en la calidad de los suelos y del agua, en función de las características y de la cantidad que entra en contacto con los receptores potenciales, incluyendo la consideración de la magnitud o intensidad de los efectos asociados y el número de individuos, ecosistemas o bienes que, como consecuencia de la presencia del contaminante, podrían ser afectados tanto en presencia como en futuro."	Probabilidad de ocurrencia de un daño. El riesgo existe tanto si se trata de una paralización temporal o definitiva, por lo tanto se eliminó el aspecto de la detención definitiva. Daño = consiste en todo deterioro o menoscabo que sufra una persona en su patrimonio o en su persona física o moral. Daño Ambiental = "Toda pérdida, disminución, detrimento o menoscabo significativo inferido al medio ambiente o a uno o más de sus componentes".	Se define el riesgo como la amenaza de ocurrencia de un evento en condiciones de vulnerabilidad la población, los bienes, servicios y el medio ambiente, según la metodología propuesta por la Agencia de Cooperación Sueca - COSUDE.
<b>Concepto mina abandonada o mina inactiva</b>	PAM abandonados son aquellos que se encuentran localizados fuera de una concesión vigente a la fecha de entrada en vigencia de la Ley. PAM inactivos son aquellos que a la fecha de vigencia de la Ley se encuentran localizados en concesión vigente, en áreas, labores o instalaciones que estaban sin operar durante dos años o más.	Mina esa abandonada cuando el dueño hace dejación del sitio de carácter permanente y sin cumplimiento de las medidas de cierre. Paralización temporal cuando la operación es detenida y Paralización definitiva cuando el término final se manifiesta por ciertos hechos que tengan como consecuencia la imposibilidad de reanudar la actividad productiva.	El concesionario u operador minero debe cerrar y rehabilitar el área de sus actividades mineras dentro y fuera del perímetro de la concesión cuando concluye parcial o totalmente sus actividades o cuando abandona por más de tres años sus operaciones o actividades.
<b>Debilidades en gestión de PAM</b>	Se requiere claridad en concepto de abandono o inactividad. Falta claridad en concepto de PAM relacionado con el riesgo permanente. Plazos cortos en la presentación de planes de cierre. No hay claridad en financiación para remediación.	Legislación es débil frente a la evasión de la culpa por daño ambiental. Se tiene un régimen subjetivo pero para el daño ambiental el daño puede ser objetivo. Existe una colisión de competencias y de funciones referidas a temas ambientales entre la CONAMA y el SERNAGEOMIN, la cual se ve también reflejada en el anteproyecto de ley. Los dos órganos están elaborando de forma independiente y aplicando diferentes criterios de selección, catálogos de sitios contaminados y de faenas mineras	La realización del ALBA genera información pero permite evadir responsabilidades en remediación. No se definen ni plazos ni criterios para la remediación y tampoco se identificaron posibles mecanismos de financiamiento para la remediación.
<b>Instrumentos para remediación</b>	Inventario de PAM, clasificación de PAM, exigencia de presentación de plan de cierre de los PAM, existentes, obligación de los concesionarios mineros de informar sobre la existencia de PAM en el área de la concesión.	Evaluación de riesgo, declaración de PAM, inclusión en Catastro Nacional de PAM, listado priorizado de PAM, plan de remediación	Atlas de Pasivos Ambientales Mineros con información centralizada.

Fuente: Datos de (Oblasser & Chaparro, 2008).

El panorama posterior a esta revisión mostró que la cantidad de PAM identificados en el Perú aumentó de 611 a 850, de los cuales 25% son PAM calificados en abandono, es decir un incremento en número del 39 %. Es particularmente interesante el hecho de que el número de pasivos ambientales mineros se incrementa en un período de cinco años en los cuales, los precios de los metales han incrementado la producción de ellos, y muy probablemente como consecuencia de la expedición de la ley de PAM que responsabiliza a los concesionarios mineros de la remediación de estos. En ciertas regiones se incrementó el número de PAM hasta en un 82% como en Ica, y un 75% en Ancash.

## **2.2 MARCO CONCEPTUAL**

### **2.2.1. Impacto ambiental**

Según Rodríguez(2005), se puede definir el Impacto Ambiental (IA) como la variación, alteración, modificación o cambio en el ambiente, o en alguno de sus componentes. Esta alteración, de cierta magnitud y complejidad, es el resultado de los efectos de todas las acciones o actividades humanas por lo que puede generar efectos positivos o negativos.

### **2.2.2. Identificación de impacto ambiental**

Choluca (2002), estudio las fases más importantes de impacto ambiental, se trata de definir las repercusiones que tendrán en el proyecto o la actividad a realizar sobre el ambiente descrito y sobre sus elementos más significativos. Cada impacto deberá ser valorado sobre una base lógica, medible y fácilmente identificable. Posteriormente, el

análisis debe llegar a una sinergia que permita identificar y valorar y medir el efecto acumulativo del total de los impactos identificados.

Dentro de los estudios de impacto ambiental, uno de los puntos más relevantes es la identificación de los potenciales impactos ambientales resultantes de la ejecución del proyecto en sus diferentes etapas.

La identificación de los impactos ambientales, es una de las tareas más complejas, y como ya se ha señalado, su realización implica una serie de pasos y actividades previas, sin las cuales no podrá realizarse una adecuada identificación de los mismos; estas actividades básicamente pueden resumirse dentro de los siguientes puntos:

- Conocer el proyecto y sus alternativas
- Conocer el ambiente o entorno donde se desarrollará el proyecto
- Determinar las interacciones entre ambos (relaciones recíprocas entre ambos).

Sin el desarrollo y conocimiento de cada uno de los puntos señalados anteriormente, no es posible realizar la identificación de los impactos ambientales, ya que esta actividad se desarrolla en dos líneas paralelas, una que analiza el proyecto y que desemboca en la identificación de acciones susceptibles de generar impactos significativos y otra que analiza el entorno afectado para identificar los factores del medio que presumiblemente serán alterados por aquellas acciones.

Ambas líneas confluyen en una tarea destinada específicamente a la identificación de los efectos potenciales mediante la búsqueda de

relaciones causa-efecto entre las acciones y los factores, utilizando para ello técnicas adecuadas.

Cesel(2009), señala que la palabra “impacto” ha adquirido un significado de negatividad entre los individuos con limitada experiencia en los procesos de evaluación; los impactos son meras consecuencias de acciones propuestas. Estas consecuencias pueden ser por sí mismas adversas o benéficas, significativas o no significativas. De este modo, la identificación de impactos no solo está encaminada a determinar aquellos efectos perjudiciales resultantes de la ejecución del proyecto, sino también aquellos que resultarán benéficos para el entorno, entendiendo como parte de éste a la población y sus interacciones socioeconómicas.

### **Evaluación de impacto ambiental**

La evaluación de Impacto Ambiental es una herramienta predictiva de la Gestión Ambiental que permite de manera previa, conocer que consecuencias va a tener una actividad sobre el medio ambiente, así mismo, sirve también para prevenir futuros impactos, evitando de manera posibles multas y costos derivados de las restauraciones ambientales. (Oblasser & Chaparro, 2008).

#### **2.2.3. Valoración de impacto ambiental**

Se reconoce que el proceso de valoración de los impactos ambientales tiene un componente subjetivo basado en el juicio de valor o criterio profesional de los expertos involucrados en el estudio de impacto. Como este criterio es variable entre los distintos expertos, dependiendo de su profesión y del grado de desarrollo de las teorías fundamentales de

cada disciplina, es recomendable que la valoración la realice un grupo interdisciplinario de expertos a fin de incrementar la validez de la tarea. Más aún, los distintos métodos desarrollados apuntan a asegurar que la identificación y valoración de los impactos se fundamente en juicios de valor explícitos, de modo de poder ser inspeccionados o analizados por colegas que sean técnicamente aceptables. (Arellano, 2002)

Las cuales se detallan muy sucintamente a continuación.

#### **a. Contaminación Física**

Actúa de diferentes formas, como la alteración de cuerpos de agua tanto por materia sólida (disuelta en suspensión), color, temperatura, conductividad eléctrica, pH, olor, color y sabor. (Arellano, 2002).

#### **b. Contaminación Química**

La composición de las aguas presenta una variedad de acuerdo a la región, clima y si son aguas lenticas, compuestas por diversas sustancias orgánicas e inorgánicas; muchas de estas provienen de las minas en actividad y/o abandonadas drenaje ácido de mina (DAM), afectando el agua de los cuerpos receptores (ríos, lagunas y lagos), por elementos tóxicos (metales pesados) al ser humano, la flora y fauna acuática. (Arellano, 2002).

Los elementos más contaminantes son: hierro, cobalto, cobre, cadmio, mercurio, etc., presente en forma iónica o en moléculas orgánicas e inorgánicas complejas.

#### **c. Contaminación Bacteriológica**

Este tipo de contaminación proviene de las descargas de los desagües de los campamentos mineros y de las poblaciones cercanas a los cuerpos de agua, provocando una contaminación bacteriológica que producen enfermedades patógenas, las bacterias no patógenas son inocuas. Las bacterias aeróbicas requieren de oxígeno para existir, mientras que las anaeróbicas no necesitan de oxígeno (Arellano, 2002).

Las bacterias (coliformes totales) viven en los intestinos de seres de sangre caliente y son inocuas; estas bacterias se hallan en la materia fecal y su presencia puede implicar además la presencia de bacterias patógenas. El agua que ha sido contaminada con aguas negras contiene bacteria *Escheriachia coli*; sin embargo, no todos los gérmenes coliformes tienen origen fecal; este tipo de bacterias es fácilmente controlado en el agua potable empleando cloro libre. En el presente estudio no se ha determinado la presencia y magnitud de la contaminación por este tipo de bacterias. Ello se debe a las dificultades de tipo logístico derivadas del transporte en tiempo adecuado de las muestras, desde lugares apartados hasta los laboratorios. Además que es biodegradable y se componen rápidamente mediante procesos naturales, dada la gran capacidad de depuración de las aguas con escorrentía rápida, oxigenando el recurso hídrico y eliminando por el proceso aeróbico las bacterias presentes. (Arellano, 2002).

#### **d. Contaminación por Hidrocarburos**

Está presente en las aguas, por vertimiento desde yacimientos petroleros como es el caso de la zona Pirín, ya que en dicho lugar se encuentran

pozos explorados hace algunos años y que habido un lento vertimiento hacia el río y por ende al lago Titicaca. Debido a su baja solubilidad, forma delgadas películas en la superficie del agua evitando el paso de la luz, indispensable para la fotosíntesis. Cantidades relativamente pequeñas de petróleo pueden contaminar grandes superficies en los cuerpos de agua. (Arellano, 2002).

#### **e. OTROS CONCEPTOS**

##### **Drenaje ácido de mina**

La complejidad de extraer el mineral y sus subproductos desde las rocas mineralizadas no sólo radica en la gran variedad de procesos que requiere, sino también en que esta actividad genera un residual sólido, emisiones gaseosas y efluentes líquidos que contienen especies metálicas y otros contaminantes (Moreno y Devars, 1999).

Los efluentes líquidos más importantes en minería corresponden a drenajes ácidos de mina DAM, aguas de escorrentía e infiltración que atraviesan la roca mineralizada, relaves provenientes de los procesos de concentración, soluciones gastadas utilizadas en los procesos de lixiviación, extracción por solvente y electro obtención, y aguas provenientes del lavado de gases en fundiciones y plantas de ácido. (Moreno y Devars, 1999).

Independientemente de la actividad o proceso que genera el efluente, los contaminantes asociados a estos procesos frecuentemente corresponden a metales, sulfatos y otros componentes inorgánicos.



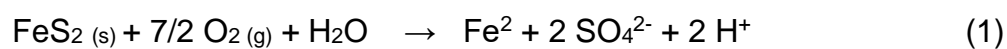
Los principales focos productores de drenaje ácido de mina (DAM), en las exploraciones mineras son los drenajes de las minas subterráneas, por bombeo en las minas activas y por gravedad en las abandonadas, las escorrentías en la minería a cielo abierto y los lixiviados de las escombreras y residuos mineros. El drenaje ácido de la mina puede emanar desde diferentes actividades y lugares.

Entre ellos:

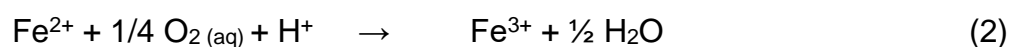
- Trabajos en la superficie y subterráneos
- Desechos rocosos (provenientes de la planta chancadora)
- Sitios de acopio de estériles provenientes de la molienda u otro
- Desechos provenientes de embalses

### Formación de drenajes ácidos

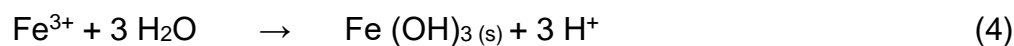
En la naturaleza, los sulfuros permanecen en el subsuelo en ausencia de oxígeno y solo una pequeña parte de estos depósitos aflora a la superficie. El drenaje se forma cuando los minerales que contienen azufre, principalmente la pirita ( $\text{FeS}_2$ ), se ponen en contacto con la atmósfera, produciendo su oxidación y formando ácido sulfúrico y hierro disuelto. La reacción general que controla este proceso es:



En presencia de oxígeno, el hierro ferroso sufre la reacción:



El hierro férrico que se produce puede oxidar nueva pirita (reacción 3) o precipitar como hidróxido férrico (reacción 4).



Estas reacciones generan acidez y liberan grandes cantidades de sulfatos, hierro y otros metales que contienen los sulfuros produciendo un lixiviado tóxico. Este lixiviado reacciona con las rocas del entorno produciendo la hidrólisis de otros minerales y haciendo que se disuelva otros elementos (Bustillo, Lopez 2000).

### **Drenaje ácido de roca**

El drenaje ácido de roca puede aparecer naturalmente o como resultado de la intervención humana, cuando la roca contiene sulfuro y ha sido expuesta al agua y oxígeno del aire, como resultado de las actividades de la minería; las fuentes potenciales del drenaje ácido de roca (Bustillo y Lopez 2000). Incluyen:

- Canchas de roca de desecho
- Pilas de almacenamiento
- Canchas de pilas de almacenamiento de mineral
- Canchas de relaves
- Trabajos mineros subterráneos
- Minas a tajo abierto
- Pilas de lixiviación gastadas

El drenaje ácido de roca ocurre cuando se reúne las siguientes condiciones (Bustillo y Lopez 2000):

- Las rocas contienen suficiente sulfuros, como para reaccionar química y biológicamente, en forma de lixiviación.
- Las propiedades físicas de la roca que permite el ingreso del agua y oxígeno, suficientes para sostener las reacciones químicas y biológicas.
- En épocas de precipitaciones pluviales causa filtración del agua en las galerías y pilas de desechos, están ubicados de tal forma que las aguas pasan a través de él y transportan el drenaje ácido de roca hacia el medio ambiente.

El proceso de generación de ácido incluye lo siguiente:

- Oxidación del sulfuro de hierro (Pirita y Pirrotita).
- Oxidación de otros sulfuros de base metálica.
- Reacciones anaeróbicas químicas generadoras de ácidos.
- Oxidación de otras formas de sulfuros.

### **Metales pesados**

En el suelo existen unos elementos minoritarios que se encuentran en muy bajas concentraciones y al evolucionar la vida adaptándose a estas disponibilidades, ha ocurrido que las concentraciones más altas de estos elementos se han vuelto tóxicas para los organismos. Dentro de este grupo de elementos son muy abundantes los denominados metales pesados (Glynn y Heinke 1999).

Se dice metal pesado a aquel elemento que tiene una densidad igual o superior a  $5 \text{ gr/cm}^{-3}$  cuando está en forma elemental, o cuyo número atómico es superior a 20 (excluyendo a los metales alcalinos y alcalino-térreos). Su presencia en la corteza terrestre es inferior al 0,1% y casi siempre menor del 0,01%. Junto a estos metales pesados hay otros elementos químicos que aunque son metales ligeros o no metales se suelen englobar con ellos por presentar orígenes y comportamientos asociados. Dentro de los metales pesados hay dos grupos:

### **Oligoelementos o micronutrientes**

Son los requeridos en pequeñas cantidades, o cantidades traza por plantas y animales, y son necesarios para que los organismos complementen su ciclo vital. Pasado cierto umbral se vuelven tóxicos (Glynn - Heinke 1999).

**Metales pesados sin función biológica conocida**, cuya presencia en determinadas cantidades en seres vivos lleva aparejadas disfunciones en el funcionamiento de sus organismos. Resultan altamente tóxicos y presentan la propiedad de acumularse en los organismos vivos. Son, principalmente: Cd, Hg, Cu, Ni (Glynn - Heinke 1999).

#### **2.2.4 Procedimiento**

##### **a. Mitigación**

Diseño y ejecución de obras o actividades dirigidas moderar, atenuar, minimizar o disminuir los impactos negativos que un proyecto, obra o

actividad pueda generar sobre el entorno humano y natural (Mihelcic y Zimmerman 2011)

#### **b. Monitoreo**

Obtención espacial y temporal de información específica sobre el estado de las variables ambientales, destinada a alimentar los procesos de seguimiento y fiscalización ambiental. Natural (Mihelcic y Zimmerman 2011)

#### **c. Normas de calidad**

Conjunto de condiciones que, de acuerdo a la legislación vigente, deben cumplir los distintos elementos que componen el ambiente.

#### **d. Efluente líquido de actividades minero metalúrgicas**

Es cualquier flujo regular o estacional de sustancia líquida descargada a los cuerpos receptores que provienen de cualquier labor, excavación o movimiento de tierras efectuado en el terreno cuyo propósito es el desarrollo de actividades mineras incluyendo exploración, explotación, beneficio, transporte y cierre de minas.

#### **e. Límite máximo permisible (LMP)**

Medida de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos químicos y biológicos, que caracterizan al afluente líquido de actividades minero metalúrgicas, y que al ser excedidas causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los

organismos que conforman el sistema de gestión ambiental (D S No 010-2010-MINAM, 2010).

Limite en cualquier momento. Valor del parámetro que no debe ser excedido en ningún momento. Para la aplicación de sanciones por incumplimiento del límite en cualquier momento este deberá ser verificado por el fiscalizador o la Autoridad competente mediante un monitoreo realizado de conformidad con el protocolo de monitoreo de aguas y efluentes (D S No 010-2010-MINAM, 2010)

**f. Límite promedio anual**

Valor del parámetro que no debe ser excedido por el promedio aritmético de todos los resultados de los monitoreos realizados durante los últimos 12 meses previos a la fecha de referencia de conformidad con el protocolo de monitoreo de aguas y efluentes y el programa de monitoreo.

**g. Monitoreo de efluentes líquidos**

Evaluación sistemática y periódica de la calidad de un efluente en un punto de control determinado, mediante la medición de parámetros de campo, toma de muestras y análisis de las propiedades físicas químicas y fisicoquímicas de las mismas, de conformidad con el protocolo de monitoreo de aguas y efluentes.

#### **h. Parámetro**

Cualquier elemento, sustancia o propiedad física, química o biológica del efluente líquido de actividades Minero-Metalúrgicas que define su calidad y que se encuentra regulado por el Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM.

#### **i. Valoración cualitativa del impacto ambiental**

La metodología puede resumirse en los siguientes pasos, que se detallan a continuación ( Conesa 2010).

- Describir el medio ambiente como un conjunto de componentes ambientales.
- Describir el proyecto que se evalúa como un conjunto de actividades.
- Identificar los impactos que cada actividad tiene sobre cada componente ambiental.
- Caracterizar cada impacto mediante la estimación de su importancia.
- Analizar la importancia global del proyecto sobre el medio ambiente, utilizando para ello las importancias de cada impacto.

#### **j. Identificación de los factores ambientales susceptibles de recibir impactos**

El medio ambiente, está dividido en dos sistemas ambientales: medio físico y medio socio económico y cultural, esos se subdividen en subsistemas ambientales: medio inerte, medio biótico, y medio perceptual por una parte y medio rural, medio de núcleos habitados, medio socio-cultural y medio económico por otra parte, los cuales a su vez se subdividen en componentes ambientales, que por último, pueden descomponerse en

un determinado número de factores o parámetros ambientales; dependiendo el número de estos de la minuciosidad con que se pretende ejecutar el estudio de impacto ambiental( Conesa 2010).

A cada componente ambiental se le asigna una medida de su importancia relativa al medio ambiente en Unidades de Importancia (UIP), que servirá posteriormente para efectuar ponderaciones en las estimaciones de los impactos.

La finalidad de esta etapa es detectar aquellos aspectos del medio ambiente cuyos cambios motivados por las distintas actividades del proyecto minero en sus sucesivas fases (construcción, explotación, cierre y post cierre) supongan modificaciones positivas o negativas de la calidad ambiental del mismo.



**Cuadro 2. Componentes ambientales**

SISTEMA	SUBSISTEMA	COMPONENTE AMBIENTAL	UIP
MEDIO FÍSICO	MEDIO INERTE	Aire	60
		Clima	60
		Agua	60
		Tierra y suelo	60
		Procesos	60
		TOTAL MEDIO INERTE	300
	MEDIO BIÓTICO	Vegetación	60
		Fauna	60
		Procesos	60
		TOTAL MEDIO BIÓTICO	180
	PERCEPTUAL	Valor testimonial	20
		Paisaje intrínseco	20
		Intervisibilidad	20
Componentes singulares		20	
Recursos científico-culturales		20	
TOTAL MEDIO PERCEPTUAL		100	
TOTAL MEDIO FÍSICO			580
MEDIO SOCIO-ECONÓMICO Y CULTURAL	MEDIO RURAL	Recreativo al aire libre	20
		Productivo	20
		Conservación de la naturaleza	20
		Viaro rural	20
		Procesos	20
		TOTAL MEDIO RURAL	100
	MEDIO DE NÚCLEOS HABITADOS	Estructura de los núcleos	30
		Estructura urbana y equipamientos	30
		Infraestructura y servicios	40
	TOTAL MEDIO NÚCLEOS HABITADOS		100
	MEDIO SOCIO CULTURAL	Aspectos culturales	30
		Servicios colectivos	30
		Aspectos humanos	30
Patrimonio histórico y artístico		30	
TOTAL MEDIO CULTURAL		120	
MEDIO ECONÓMICO	Economía población	50	
	TOTAL MEDIO ECONÓMICO	100	
TOTAL MEDIO SOCIO – ECONÓMICO Y CULTURAL			420
TOTAL MEDIO AMBIENTE AFECTADO			1 000

Fuente: CONESA, V. *Guía Metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. 2010.

Nota: UIP: Unidades de Importancia

Los principales componentes ambientales que integran los subsistemas mencionados son expuestos en la Cuadro 2.

Una vez identificados los componentes del medio susceptibles de ser impactados, es conveniente conocer su estado de conservación actual, antes de iniciar el proyecto, o sea la calidad ambiental del medio ambiente que puede verse alterado. La medida de esa calidad ambiental se conoce como valor ambiental.

#### **k. Matriz de Leopold:**

Se utiliza para identificar el impacto inicial de un proyecto para un análisis en un entorno natural, consiste en una matriz de información donde las columnas se procesan datos que se hacen durante el proyecto y en las filas se representan los factores ambientales que son considerados (aire, agua, suelo, entre otros) de la actividad respecto a cada factor ambiental. (Espinoza, 2002).

#### **I. Método de Leopold**

Desarrollado por el Servicio Geológico del Departamento del Interior de Estados Unidos en los años 70 por el Dr. Luna B. Leopold y colaboradores, inicialmente fue diseñado para la evaluación de los impactos ambientales generados por proyectos mineros, fue aplicada posteriormente en proyectos de construcción; es útil para la evaluación preliminar de aquellos proyectos de los que se prevén grandes impactos ambientales. Se desarrolla una matriz con el fin de establecer relaciones causa-efecto de acuerdo con las características particulares de cada proyecto (Leopold, 1971).

La matriz de Leopold consiste en un listado de componentes ambientales (Cuadro 2), susceptibles de ser impactados y acciones o actividades que pueden causar impactos ambientales (Cuadro 3). Esta combinación produce una matriz de 8800 casilleros.

Para la utilización de la Matriz de Leopold se recomienda operar con una matriz reducida, excluyendo las filas y las columnas que no tienen relación con el proyecto. Posteriormente y para cada actividad, se consideran todos los componentes ambientales que puedan ser afectados significativamente, trazando una diagonal en las cuadrículas donde se interceptan con la actividad (Leopold, et, al 1971).

Cada cuadrícula marcada con una diagonal admite dos valores:

- i. Magnitud del impacto, se coloca en la mitad superior izquierda. Hace referencia a la intensidad, a la dimensión del impacto en sí mismo y se califica del 1 al 10 de menor a mayor, anteponiendo un signo + para los efectos positivos y – para los negativos.
- ii. Importancia del impacto, se escribe en la mitad inferior derecha del cuadro. Hace referencia a la relevancia del impacto sobre la calidad del medio, y a la extensión o zona territorial afectada, se califica también del 1 al 10 en orden creciente de importancia.

La forma de utilizar la matriz de Leopold puede resumirse en los siguientes pasos:

- Delimitar el área de influencia.
- Determinar las actividades que desarrollará el proyecto sobre el área.

- Determinar para cada actividad, que componentes ambientales son afectados. Esto se logra mediante el rayado de la cuadrícula de intersección.
- Determinar la importancia del impacto en una escala de 1 a 10.
- Determinar la magnitud del impacto sobre cada factor, en una escala de 1 a 10.
- Determinar si la magnitud es positiva o negativa.
- Determinar cuántas actividades del proyecto afectan el medio ambiente, desglosándolas en positivas y negativas.
- Agregar los resultados para las actividades.
- Determinar cuántos componentes ambientales son afectados por el proyecto desglosándolos en positivo y negativo.
- Agregar los resultados para cada factor ambiental.

La "objetividad" no es un elemento sobresaliente en la Matriz de Leopold, ya que se puede libremente efectuar la propia clasificación en la escala numérica entre el 1 y el 10 y no contempla metodología alguna para determinar la magnitud ni la importancia de un impacto.

**Cuadro 3.** Componentes ambientales considerados en la Matriz de Leopold.

<b>A. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS</b>			
<b>A.1. TIERRA</b>			
a.	Recursos minerales	d.	Geo morfología
b.	Material de construcción	e.	Campos magnéticos y radiactividad de fondo
c.	Suelos	f.	Factores físicos singulares
<b>A.2. AGUA</b>			
a.	Superficiales	e.	Temperatura
b.	Marinas	f.	Recarga
c.	Subterráneas	g.	Nieve, hielos y heladas
d.	Calidad		
<b>A.3. ATMÓSFERA</b>			
a.	Calidad (gases, partículas)	c.	Temperatura
b.	Clima (micro, macro)		
<b>A.4. PROCESOS</b>			
a.	Inundaciones	f.	Compactación y asentamientos
b.	Erosión	g.	Estabilidad
c.	Deposición (sedimentación y precipitación)	h.	Sismología (terremotos)
d.	Solución	i.	Movimientos de aire
e.	Sorción (intercambio de iones, complejos)		
<b>B. CONDICIONES BIOLÓGICAS</b>			
<b>B.1. FLORA</b>			
a.	Árboles	f.	Plantas acuáticas
b.	Arbustos	g.	Especies en peligro
c.	Hierbas	h.	Barreras, obstáculos
d.	Cosechas	i.	Corredores
e.	Microflora		
<b>B.2. FAUNA</b>			
a.	Aves	f.	Microfauna
b.	Animales terrestres, incluso reptiles	g.	Especies en peligro
c.	Peces y mariscos	h.	Barreras
d.	Organismos bentónicos	i.	Corredores
e.	Insectos		
<b>C. FACTORES CULTURALES</b>			
<b>C.1. USOS DE TERRITORIO</b>			
a.	Espacios abiertos y salvajes	f.	Zona residencial
b.	Zonas húmedas	g.	Zona comercial
c.	Selvicultura	h.	Zona industrial
d.	Pastos	i.	Minas y canteras
e.	Agricultura		
<b>C.2. RECREATIVOS</b>			
a.	Caza	e.	Camping
b.	Pesca	f.	Excursión
c.	Navegación	g.	Zonas de recreo
d.	Zona de baño		
<b>C.3. ESTÉTICOS Y DE INTERÉS HUMANO</b>			
a.	Vistas panorámicas y paisajes	f.	Parques y reservas
b.	Naturaleza	g.	Monumentos
c.	Espacios abiertos	h.	Especies o ecosistemas especiales

d.	Paisajes	i.	Lugares u objetos históricos o arqueológicos
e.	Agentes físicos singulares	j.	Desarmonías
<b>C.4. NIVEL CULTURAL</b>			
a.	Modelos culturales (estilos de vida)	c.	Empleo
b.	Salud y seguridad	d.	Densidad de la población
<b>C.5. SERVICIOS E INFRAESTRUCTURA</b>			
a.	Estructuras	d.	Disposición de residuos
b.	Red de transportes (movimiento, accesos)	e.	Barreras
c.	Red de servicios	f.	Corredores
<b>D. RELACIONES ECOLÓGICAS</b>			
a.	Salinización de recursos hidráulicos	e.	Salinización de suelos
b.	Eutrofización	f.	Invasión de maleza
c.	Vectores, insectos y enfermedades	g.	Otros
d.	Cadenas alimentarias		
<b>E. OTROS</b>			

Fuente: Leopold, (1971).

**Cuadro 4.** Actividades propuestas en la Matriz de Leopold.

<b>A. MODIFICACIÓN DEL RÉGIMEN</b>			
a.	Introducción de flora y fauna exótica	g.	Control del río y modificación del flujo
b.	Controles biológicos	h.	Canalización
c.	Modificación del hábitat	i.	Riego
d.	Alteración de la cubierta terrestre	j.	Modificación del clima
e.	Alteración de la hidrología	k.	Incendios
f.	Alteración del drenaje	l.	Superficie o pavimento
<b>B. TRANSFORMACIÓN DEL TERRITORIO Y CONSTRUCCIÓN</b>			
a.	Urbanización	k.	Revestimiento de canales
b.	Emplazamientos industriales y edificio	l.	Canales
c.	Aeropuertos	m.	Presas y embalses
d.	Autopistas y puentes	n.	Escolleras, diques, puertos deportivos y terminales marítimas
e.	Carreteras y caminos	o.	Estructuras en alta mar
f.	Vías férreas	p.	Estructuras recreacionales
g.	Cables y elevadores	q.	Voladuras y perforaciones
h.	Líneas de transmisión, oleoductos y corredores	r.	Desmontes y rellenos
i.	Barreras incluyendo vallados	s.	Túneles y estructuras subterráneas
<b>C. EXTRACCIÓN DE RECURSOS</b>			
a.	Voladuras y perforaciones	e.	Dragados
b.	Excavaciones superficiales	f.	Explotación forestal
c.	Excavaciones subterráneas	g.	Pesca comercial y caza
d.	Perforación de pozos y transporte de fluidos		
<b>D. PROCESOS</b>			
a.	Agricultura	h.	Industria química
b.	Ganadería y pastoreo	i.	Industria textil
c.	Piensos	j.	Automóviles y aeroplanos
d.	Industrias lácteas	k.	Refinerías de petróleo
e.	Generación energía eléctrica	l.	Alimentación
f.	Minería	m.	Herrerías (explotación de maderas)
g.	Metalurgia	n.	Celulosa y papel
<b>E. ALTERACIONES DEL TERRENO</b>			

a.	Control de la erosión, cultivo en terrazas o a. bancales	d.	Paisaje
b.	Sellado de minas y control de residuos	e.	Dragado de puertos
c.	Rehabilitación de minas a cielo abierto	f.	Aterramientos y drenajes
<b>F. RECURSOS RENOVABLES</b>			
a.	Repoblación forestal	d.	Fertilización
b.	Gestión y control vida natural	e.	Reciclado de residuos
c.	Recarga aguas subterráneas		
<b>G. CAMBIOS EN TRAFICO</b>			
a.	Ferrocarril	d.	Deportes náuticos
b.	Automóvil	e.	Caminos
c.	Camiones		
<b>H. SITUACIÓN Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS</b>			
a.	Vertidos en mar abierto	f.	Vertido de aguas de refrigeración
b.	Vertedero	g.	Vertido de residuos urbanos
c.	Emplazamiento de residuos y desperdicios mineros	h.	Vertido de efluentes líquidos
d.	Almacenamiento subterráneo	i.	Balsas de estabilización y oxidación
<b>I. TRATAMIENTO QUÍMICO</b>			
a.	Fertilización	d.	Control de maleza y vegetación terrestre
b.	Descongelación química de autopistas, etc.	e.	Pesticidas
c.	Estabilización química del suelo		
<b>J. ACCIDENTES</b>			
a.	Explosiones	c.	Fallos de funcionamiento
b.	Escapes y fugas		
<b>K. OTROS</b>			
a.		b.	

Fuente: LEOPOLD (1971).

### CAPÍTULO III

#### METODOLOGÍA

##### 3.1. METODOS EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL

El lugar de estudio será Zona de Saquí (Sina) debido al grado de contaminación del río en referencia, dentro de las siguientes coordenadas:

**Cuadro 5.** Coordenadas en referencia

Puntos de muestreo	COORDENADAS UTM Zona 19 L	
	NORTE	ESTE
(1)	8393000	479000
(2)	8393000	481000
(3)	8391000	481000
(4)	8391000	480000

##### 3.2. TOPOGRAFÍA Y UBICACIÓN GEOGRAFICA

La topografía es irregular y abrupta, que varía bruscamente de lugar a lugar observándose fuertes elevaciones y depresiones también se presenta una



secuencia de quebradas y riachuelos alargados poco profundos, rodeados por colinas y cumbres.

Ingres a la Cordillera Oriental de los Andes proveniente de Bolivia, se extiende hacia el flanco nororiental de esta cordillera dirigiéndose hacia la selva. Por esta razón cuenta con áreas ubicadas en cordillera, puna y quebradas. Tiene una topografía accidentada.

### **3.3. CLIMA Y METEOROLOGÍA**

Para obtener y determinar de los datos meteorológicos se tomaron en consideración las estaciones de Ananea y Cuyo Cuyo, las cuales son las más cercanas a la zona de trabajo.

#### **a) Humedad relativa**

De los datos estadísticos obtenidos en la estación Ananea, se obtiene que la humedad relativa entre 91% en verano y 80%, con un promedio anual de 85%.

#### **b) Nubosidad**

En cuanto a la nubosidad, la mayor parte del tiempo es de 8/8 presentándose algunas veces 2/8.

#### **c) Vientos**

La velocidad de los vientos varía entre 0,1 y 6,1 m/s obteniendo un promedio de 4,6 m/s. La dirección y sentido de los vientos es variables (O-E, E-O, S-N, y EN-SO), según las horas del día, predomina de S-NE.

### 3.3.1. Calidad del aire

Las características naturales del área ofrecen condiciones morfológicas, climáticas y atmosféricas adecuadas para disponer de aire de buena calidad, aún con la emisión de gases y partículas de ciertas fuentes (equipos), los cuales son diluidos por las corrientes de aire existentes.

### 3.3.2. Geomorfología

La zona de evaluación de impacto ambiental está ubicada en la unidad morfoestructural Cordillera Oriental. Esta unidad en la zona del proyecto está manifestada por cuatro subunidades denominada de Oeste a Este, Pre-Cordillera de Carabaya, Depresión longitudinal de Crucero-Ananea-Cojata, Cadena de Nevados y Vertiente Amazónica (Glave, 2001).

#### a) Pre-Cordillera de Carabaya

Esta sub-unidad está al Suroeste del valle del río Grande y sus límites se extienden fuera de la zona de estudio. La Pre-Cordillera se orienta de SE-NO y se caracteriza porque las colinas tienen perfiles redondeados, cuyas crestas están entre 4,400 y 4,800 m.s.n.m., y algunos superan los 5,000 m.s.n.m. (Cerro Yanacaca llega a 5,143 m.s.n.m.) Esta cordillera está modelada sobre rocas del paleozoico y parcialmente sobre rocas cretáceas.

**b) Depresión longitudinal del Crucero Ananea–Cojata**

Esta sub-unidad coincide con la cuenca superior del valle del río Grande. Este relieve está orientado de sureste a noroeste y por su parte central discurre el río con un cauce muy amplio.

El valle tiene una superficie suavemente inclinada a prácticamente plana, pudiendo considerarse una llanura aluvial. Dentro de esta unidad los relieves planos son denominados pampas y entre las más importantes tenemos: Baltimore, Lima pampa, Islapampa y Pampablanca.

Otro relieve típico que está dentro de la depresión está conformado por las lagunas de origen glacial cuyos diques son morrenas frontales. Las principales lagunas son: Pacharia, Saracucho, Queo, Rinconada, Sillacunca y Pararani.

Esta depresión está ocupada por potentes depósitos glaciales y fluvio-glaciales que yacen en forma de abanicos, procedentes de la precordillera de Carabaya y los nevados ubicados al Noreste.

**c) Calidad de agua superficial**

En diciembre de 1999, La Universidad Nacional Agraria La Molina, reportó, que en el muestreo realizado en la laguna La Rinconada “El contenido promedio de metales principales (Fe, Zn, Cu, Mn, Pb, Cd, Hg, As), sulfatos y nitratos de las muestras de agua se encontró por debajo de los límites permisibles.

### **Agua subterránea**

La formación glacial, los depósitos fluvioglaciales, las precipitaciones y aguas de escorrentía son contribuyentes para la infiltración al subsuelo las cuales afloran en los niveles inferiores en forma de manantiales, siendo más vulnerables en el interior de las galerías y/o socavones de las operaciones mineras convirtiéndose en aguas ácidas por la interacción de los sulfuros presentes y elementos metálicos pesados.

#### **3.3.3. Impactos al ambiente físico**

##### **a) Impactos a la topografía**

La evaluación de impactos sobre la topografía es de vital importancia debido a que la morfología del terreno condiciona las características del suelo, así como las condiciones de escorrentía superficial e infiltración en una cuenca. Cualquier actividad humana o fenómeno natural que genere cambios sobre la topografía, puede incidir sobre los suelos, así como en las escorrentías superficiales e hidrogeología. Asimismo, los cambios en la morfología del terreno y modificaciones en vegetación, cursos de agua o uso del suelo podrían tener a su vez un efecto sobre la calidad visual del paisaje.

La actividad minera en La Rinconada ha alterado la topografía del lugar debido a las actividades de explotación subterránea, disposición de material estéril extraído de interior mina, disposición de relaves y operación de depósito de relaves.

La extensión de los impactos asociados a las actividades de

explotación minera sobre la topografía es puntual y circunscrito al sector donde se encuentran las bocaminas, el depósito de relaves y la infraestructura necesaria para la operación del proyecto: planta concentradora, campamentos, oficinas, etc. Los impactos sobre este componente ambiental son irreversibles en su mayoría debido a que no se retornará a las condiciones iniciales.

Las actividades de la minería artesanal también han alterado la topografía, debido a la falta de planificación y orden en el desarrollo de sus actividades.

#### **b) Impactos al aire**

Los impactos estimados de la actividad sobre el aire se pueden resumir en: emisión de polvo como consecuencia del movimiento de tierras, emisión de polvo y gases por transporte de personal e insumos, emisión de gases por generadores eléctricos, emisión de polvo y gases por la explotación, emisión de polvo por operación de planta concentradora y depósito de relaves, emisiones fugitivas de la planta concentradora.

Cabe mencionar que dentro de las operaciones existe la presencia de mineros artesanales quienes recuperan el oro mediante la amalgamación con mercurio, produciendo gases que al ser transportados por el viento, pueden afectar la salud de los habitantes de los centros poblados.

Otro impacto que se debe considerar son los olores y gases producto de los desechos industriales y basura arrojados por los mineros artesanales y por la población.

De igual manera, otro impacto en el componente ambiental del aire es el ruido generado por la perforación y voladura, limpieza y transporte de mineral, deposición de desmontes y otras actividades auxiliares.

El ámbito de los impactos sobre el componente aire es local, circunscrito al sector donde se realiza la explotación y a las inmediaciones del área de operaciones actuales. Estos impactos son reversibles porque mediante un adecuado plan de mitigación podrán ser controlados. Además, a largo plazo se espera el retorno a condiciones de calidad del aire similares a las originales luego de la fase de cierre y rehabilitación.

### **c) Impactos al suelo mediante sedimentos**

Los impactos de las actividades del proyecto sobre el suelo se pueden resumir en pérdida de suelos por movimiento de tierras y emplazamiento de infraestructura y pérdida de suelos por llenado paulatino de depósito de relaves. En esta situación, los nutrientes añadidos no solo lastiman la calidad del agua, sino que se hacen difíciles de remediar una vez que se acumulan en los sedimentos

Los impactos se califican como negativos y de relevancias entre bajas y no relevantes, debido a que el lugar no presenta suelos de uso agrícola, ni exclusivos en la región. La pérdida de los suelos que ocupará el depósito de relaves (sedimentos) es permanente mientras que el impacto por la pérdida de los suelos en las zonas de emplazamiento de infraestructura de la planta de beneficio y zonas de reubicación de carretera y tubería de agua se considera temporal (Mihelcic - Zimmerman 2011)

Existe la posibilidad de alteración de suelos por vertido fortuito de aguas de drenaje de mina y de planta de beneficios, derrames de materiales como aceites, hidrocarburos u otros insumos producto de la operación de equipos. Por tal motivo, ha sido considerado como un riesgo ambiental.

La extensión de los impactos sobre el suelo es puntual y está circunscrito al sector donde se instalará el depósito de relaves, los botaderos de desmonte, infraestructura necesaria. Los impactos sobre este componente ambiental son irrecuperables. Sin embargo, a pesar que se perderán los suelos, al cierre de las operaciones se está evaluando la posibilidad de colocar tanto en el depósito de relaves como en el botadero, desmontes estériles que se asemejen a las características de los litosoles o suelos poco desarrollados presentes en las laderas de los cerros del área de estudio.

#### **d) Impactos al riesgo natural**

Debido a las características morfológicas de la zona, fuertes pendientes de los nevados, existen zonas que presentan inestabilidad física; y por lo tanto, riesgo latente de desprendimiento de masas de hielo y rocas que podrían ocasionar accidentes fatales y arrasar con las viviendas de los mineros informales ubicados en el cauce del riachuelo Lunar. Las vibraciones producidas por las explosiones, podrían producir desprendimientos de masas de hielo y roca con consecuencias fatales.

#### **e) Impactos a las aguas superficiales**

Los impactos estimados de la actividad sobre las aguas superficiales

se pueden resumir en: descargas fortuitas de la planta de tratamiento de aguas del proceso metalúrgico, del depósito de relaves, efluentes líquidos de la planta de beneficio y el drenaje de aguas ácidas de interior mina.

Otra fuente de impacto que debe considerarse es la generación de aguas ácidas en las zonas de deposición de desmontes.

En la parte baja del depósito de relaves existen manantiales que sirven de abastecimiento al poblado Cerro Lunar los que podrían ser contaminados por descargas fortuitas.

#### **f) Impactos a las aguas subterráneas**

Los impactos estimados de la actividad sobre las aguas subterráneas se pueden resumir en: infiltración a través del material estéril de los botaderos al agua subterránea, alteración de la calidad del agua subterránea en la napa freática localizada inmediatamente por debajo del depósito de relaves.

Existen plantas de amalgamación y cianuración conducidas por mineros artesanales, cuyos efluentes al no contar con instalaciones apropiadas de disposición y tratamiento de aguas podrían infiltrarse contaminando el agua subterránea.

El impacto de la operación del depósito de relaves sobre las aguas subterráneas se califica como negativo y de relevancia mediana. Esta calificación obedece a la alta intensidad del impacto sobre el agua subterránea que está inmediatamente debajo del emplazamiento del



depósito de relaves debido a las filtraciones de la misma y consiguiente alteración de la calidad del agua.

En cuanto a la probabilidad de generación de drenaje ácido de los botaderos, el material depositado en dichas áreas presenta las condiciones necesarias para la generación de aguas ácidas: especies sulfuradas, oxígeno y agua procedente de la lluvia y la nevada.

**g) Identificación de los componentes ambientales del proyecto**

Partiendo de la evaluación del medio ambiente de la zona de influencia directa e indirecta, donde se desarrolla el proyecto se han identificado los componentes ambientales más representativos del medio ambiente.

**h) Identificación de impactos ambientales del proyecto**

Se ha identificado las relaciones causa-efecto entre las actividades del proyecto y los componentes ambientales señalados como relevantes.

Los impactos ambientales han sido identificados mediante el uso de una matriz de doble entrada de tipo causa-efecto, en el que en columnas se listan las actividades del proyecto y se las cruza en el eje horizontal con cada uno de los componentes ambientales seleccionados.

**Cuadro 6.** Identificación de los componentes ambientales.

Ambiente físico	Ambiente biológico	Ambiente socioeconómico
Topografía	Flora	<i>Social:</i> Usos del territorio
Calidad de aire	Fauna	Paisaje, Desarrollo local
Suelos		Percepción de potenciales impactos ambientales negativos
Calidad de agua superficial		Percepción política
Cantidad de agua superficial		<i>Económico</i> Empleo, Transporte y vías

**i) Calificación y valoración de los impactos ambientales del proyecto**

La evaluación de impactos se realiza mediante un sistema matricial, en el que se cruzan las actividades y los factores ambientales del proyecto con los criterios considerados en esta metodología: intensidad, extensión, duración, riesgo y reversibilidad.

### **3.4. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL**

#### **3.4.1. Selección de los puntos de muestreo**

Con el fin de caracterizar los efluentes líquidos Minero-Metalúrgicas, del proyecto minero GAU en la zona del distrito de Saquí; durante la etapa de campo se ha determinado y ubicado los puntos de muestreo de los efluentes que existe en el proyecto, tales como aguas de mina, relavera, mediante el uso de imagen satelital Google Earth, Software Argis y GPS para la determinación de las Coordenadas UTM.

En estos puntos son los que se generan efluentes líquidos que probablemente sean vulnerables a cierta contaminación hacia el río Mina Pata, Cunuyo y finalmente al río Saquí.

#### **3.4.2 Ubicación de los puntos de muestreo**

De acuerdo a la magnitud del proyecto, el área geográfica se ha considerado tres puntos de monitoreo, aguas de mina, planta de molienda y depósitos de desmontes con sus respectivas coordenadas UTM, así como se muestra en el cuadro 7.

**Cuadro 7.** Ubicación de estaciones de monitoreo de efluentes.

Nº	COORDENADAS UTM.		ALTITUD
	Zona 19 L		
	N	E	m.s.n.m.
M-01	8'392,385.00	480,534.00	4,184
M-02	8'392,424.00	480,693.00	4,173
M-03	8'392,562.00	479,391.00	3,853
M-04	8'392,562.00	479,361.00	3,846

### 3.4.3. Parámetros determinados

#### a. METODO EPA 245.1 (Determinación de Hg)

Para la determinación de metales pesados, se ha realizado de acuerdo al método EPA 245.1 (EPA Method 7060, 7421, Methods for chemical analysis of water and wastes, 2da edition 1996), para soluciones líquidas, y digestión en horno de microondas (Multiware 3000 de Antón Paar) para muestras sólidas, y condiciones de temperaturas del instrumento Analyst 700 para las determinaciones analíticas de los metales (secado, calcinación y atomización).

#### 1- Equipo y materiales:

- Absorción atómica Perkin Elmer, modelo 3110
- Horno Microondas Multiware 3000 – Antón
- Multilámpara EDL para metales pesados
- Grafito longitudinales
- Pipetas volumétricas o micropipetas graduadas de 1, 5 y 10 ml
- Piceta
- Propipeta

- Matraces aforados de 25, 50 y 100 ml
- 2- Reactivos y materiales de referencia:
  - Patrón de metales pesados (1000 mg/L)
  - Solución de referencia de metales pesados (SPS-WW1 Batch No 108)
  - Referencia para agua TORT-2 Lobster Hepatopancreas Reference

Material for trace metals- Nacional Research Council Canada

- Ácido nítrico suprapur de 65 a 70 %
  - Ácido clorhídrico suprapur
  - Modificador: sólido  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  1%
  - Modificadores: Solución de Pd 10 mg/L
  - Solución de  $\text{Mg}(\text{NO})_3$  0,06%
  - Agua milli-Q
  - Solución de dilución de  $\text{HNO}_3$  suprapur 0,2 %
- 3- Método:
- Solución de referencia: de metales pesados como son el Hg y Pb (50  $\mu\text{g/l}$ ): se pipetea una alícuota de 5 mL de la solución de muestra de referencia (SPS-WW 1 Batch No108) de Pb (100  $\mu\text{g/l}$ ) a una matraz aforado de 10 ml, para obtener una concentración de 50  $\mu\text{g/l}$  de metales pesados debe aforarse a 10 ml con la solución de dilución (0,2 %  $\text{HNO}_3$  v/v) hasta la marca de calibración del matraz, se tapa y se agita vigorosamente hasta homogeneizar la solución.
  - Preparación de muestra para el análisis: las muestras acuosas, son filtradas con una membrana de 0,45  $\mu\text{m}$  para la cual se utiliza el equipo de filtración, obteniéndose entre 100 ml y 200 ml de muestra,

la misma es estabilizada con  $\text{HNO}_3$  suprapur al 0,2 % v/v y luego conservada en refrigeración aproximadamente a 4 °C hasta su lectura en horno de grafito. Las muestras sólidas son digeradas en horno de microondas (Multiware 3000) en condiciones de presión y temperatura programables del equipo, en solución acida (HCl y  $\text{HNO}_3$ ). Posterior a la digestión, son filtradas con un equipo al vacío empleando una membrana de 0,45  $\mu\text{m}$  las cuales son analizadas en el equipo AAS-Horno de Grafito Anaales 700 de Perkin Elmer.

#### **b. METODO EPA 245.7 (determinacion de Hg)**

Para la determinación de metales pesados, se ha realizado de acuerdo al método EPA 245.7 (EPA Method 7060, 7421, Methods for chemical análisis of water and wastes, 2da edition 1996), para soluciones liquidas.

##### 1- Equipos y materiales:

- Absorción atómica Perkin Elmer, modelo 3110
- FIAS – 400 con dos bombas peristálticas
- Quemador de calentamiento programado a 100 °C
- Celda de cuarzo
- Lámpara de Hg.
- Micropipeta graduada con tips, para 0,5, 1, 2, 5 y 10 ml.
- Pipetas volumétricas de 1, 5 y 10 ml. Piceta de 500 ml
- Propipeta
- Matraces aforados de 50 y 100 ml.

##### 2- Reactivos:

- Patrón de Hg (1000 mg/L)

- Standard referente material (SRM) 1641d
- Acido nítrico suprapur de 65 a 70 %
- Água milli -Q
- Solución de disolución de HNO<sub>3</sub> suprapur 1% v/v
- SnCl<sub>2</sub> 1,1% en 3% de HCl.
- 3% (v/v) de HCl.

### 3- método:

- Solución de referencia de Hg (4,0 µg/l): se pipeteó una alícuota de 1 ml de la solución de muestra de referencia 141d de Hg a un matraz aforado de 100 ml, para obtener una concentración de 16,013 µg/l de Hg. Para aforarse a 100 ml con una solución de dilución hasta la marca de aforo del matraz, se tapa y se agita vigorosamente hasta homogeneizar la solución.
- Preparación de muestra: las muestras acuosas, fueron filtradas con una membrana de 0,45 µm para la cual se utilizó el equipo de filtración, obteniéndose entre 100 y 200 ml de muestra, la misma fue estabilizada con HNO<sub>3</sub> suprapur al 1% v/v y luego es conservada en refrigeración aproximadamente a 4°C hasta su lectura en el equipo.
  - i. **MERCURIO (Hg).** El método utilizado para la determinación de Mercurio en agua fue el método EPA 245.1.(ver anexo 3)
  - ii. **PLOMO (Pb).** El método utilizado para la determinación de Plomo en agua fue el método EPA 239.2. (ver anexo 3).

**c. Caracterización ambiental de la labor LEIDY**

En un desarrollo aproximado de 50 metros en las labores mineras se han generado efluentes líquidos mineros, los cuales se ha hecho un muestreo donde se ha realizado el primer muestreo identificado como M 01, para poder determinar los Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades Minero – Metalúrgicos Decreto Supremo N° 010-2010- MINAM, se muestreo en la bocamina de la labor Leidy y se envió al laboratorio de calidad ambiental. para el análisis de los siguientes elementos, mercurio total y plomo disuelto, tal como se muestra en el informe de ensayo N° A109/15.

**d. Caracterización ambiental de la relavera**

A la cancha relavera se transporta 15 toneladas mensuales, en donde se ha realizado el segundo muestreo identificado como M 02, los cuales se ha hecho un muestreo para poder determinar los Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades Minero – Metalúrgicos de acuerdo al Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM (Ver anexo), y se envió al laboratorio de calidad ambiental. Para el análisis de los siguientes elementos, mercurio total y plomo disuelto, tal como se muestra en el informe de ensayo N° A109/15.

**e. Caracterización ambiental de la labor YANA ORCO**

En un desarrollo aproximado de 35 metros en la labor Yana Orco se han generado efluentes líquidos mineros, los cuales se ha hecho un muestreo donde se ha realizado el tercer muestreo identificado como M 03, para poder determinar los Límites Máximos Permisibles para la descarga de

efluentes líquidos de actividades Minero – Metalúrgicos Decreto Supremo N° 010-2010- MINAM, se muestreo en la bocamina de la labor Yana Orco y se envió al laboratorio de calidad ambiental para el análisis de los siguientes elementos, mercurio total y plomo disuelto, tal como se muestra en el informe de ensayo N° A109/15.

**f. Caracterización ambiental en la cuenca**

En el trayecto de la cuenca se ha tomado tres muestras más donde se han generado efluentes líquidos mineros, los cuales se ha hecho un muestreo donde se ha realizado el muestreo identificado como M 04, para poder determinar los Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades Minero – Metalúrgicos Decreto Supremo N° 010-2010- MINAM, se muestreo en el trayecto del rio lo cual se envió al laboratorio de calidad ambiental para el análisis de los siguientes elementos, mercurio total y plomo disuelto, tal como se muestra en el informe de ensayo N° A109/15.

**g. Método de evaluación de impactos ambientales**

Con el objeto de responder a los objetivos planteados en este trabajo de investigación se llevó adelante la metodología de la Valoración cualitativa y cuantitativa del Impacto Ambiental, un concepto amplio que analiza a través de parámetros cuantitativos y cualitativos el estado del medioambiente.

El procedimiento metodológico seguido para realizar la identificación evaluación de los impactos ambientales fue el siguiente:



- Análisis de las características y componentes del proyecto
- Identificación de los impactos ambientales potenciales
- Evaluación de los principales impacto ambientales potenciales

Para la identificación y evaluación de impactos, fue necesario estudiar previamente las particularidades del medio ambiente, donde se desarrolla la actividad o el proyecto y de cada uno de sus componentes, así como, identificar las acciones derivadas del mismo, capaces de producir impactos en dichos componentes del medio. Las acciones identificadas responden a los criterios siguientes: que sean significativas (o sea que produzcan algún efecto), que sean independientes y que sean medibles.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. CLIMA Y METEOROLOGÍA

##### a) Clima

Se ha podido determinar que en la región de la zona de estudio el clima es frío glacial, seco entre abril y noviembre, así mismo precipitaciones fuertes entre diciembre y marzo. La presencia de la cordillera de los Andes y la disposición de glaciares perpetuos obstaculiza el paso de las nubes, ocasionando las precipitaciones pluviales y el derretimiento parcial de la nieve.

##### b) Precipitación

La precipitación en el sector presenta una variación estacional, de acuerdo al análisis de la información meteorológica de las Estaciones de Ananea y Cuyo Cuyo. En la Estación Ananea la precipitación media anual es 687.5mm. La precipitación de lluvia mensual se distribuye en forma muy variable durante todo el año, siendo los meses de Enero, Febrero y Marzo de mayor precipitación, con un 50.3 % de la precipitación total anual, el resto del año las precipitaciones alcanzan el 49.7 % del total. El mes de más alta

precipitación es enero con 128.3mm y la precipitación más baja se presenta en el mes de Julio con 5.5 mm.

**Cuadro 8.** Precipitación Total Mensual (mm)

Estación: <b>Ananea</b>												
Longitud: 14°40'36"W						Longitud: 69°32'1.9"W						
Altitud: 4714 m.s.n.m.												
Distrito: Ananea, Provincia: San Antonio de Putina, Región Puno.												
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
128.3	101.9	96.5	58.3	29.3	9.2	5.5	19.0	23.2	49.6	63.7	92.0	687.5

FUENTE: SENAMHI – Puno (2015)

En la Estación Cuyo Cuyo, la precipitación media anual es 552.0 mm. La precipitación mensual se distribuye en forma muy variable durante todo el año, siendo los meses de Diciembre a Marzo de mayor precipitación, con 63.8 % de la precipitación total anual, el resto del año las precipitaciones alcanzan el 36.2 % del total. El mes de más alta precipitación es Enero con 129.9mm y la precipitación más baja se presenta en el mes de Junio con 2.6 mm.

**Cuadro 9.** Precipitación Total Mensual (Mm)

Estación: <b>CUYO CUYO</b>													
Latitud: 14°29'20.1"W						Longitud: 69°32'56.4"W							
Altitud: 3910 m.s.n.m.													
Distrito: Cuyo Cuyo Provincia: Sandia							Región: Puno						
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2009	137.7	66.2	85.0	42.0	27.0	7.7	16.4	49.5	21.9	21.2	68.0	86.6	629.2
2010	85.5	76.6	47.5	3.3	0.9	0.4	7.7	9.3	27.2	61.0	51.9	84.3	455.6
2011	182.1	41.4	59.0	35.1	5.0	1.4	3.5	16.6	35.1	44.8	81.5	63.4	568.9
2012	108.4	67.6	115.6	7.5	12.2	0.8	11.7	5.7	44.0	57.4	38.8	94.6	564.3
2013	135.6	47.2	78.6	20.6	26.8	2.5	2.2	19.2	9.2	79.6	21.3	99.1	541.9
TOTAL	129.86	59.8	77.14	21.7	14.38	2.56	8.3	20.06	27.48	52.8	52.3	85.6	552.0

FUENTE: SENAMHI – Puno (2014)

**c) Evaporación**

Los valores de Evaporación Promedio Mensual más baja se presenta en el mes de Julio con 1.6 mm, la más alta se presenta en el mes de Octubre con 2.9 mm y la evaporación promedio anual es de 2.3 mm.

**Cuadro 10.** Evaporación Promedio Mensual (Mm)

Estación: <b>Ananea</b>												
Longitud: 14°40'36"W						Longitud: 69°32'1.9"W						
Altitud: 4714 m.s.n.m.												
Distrito: Ananea						Provincia: San Antonio de Putina						Región: Puno
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM
1.9	2.2	2.7	2.1	2.8	2.5	1.6	1.9	2.2	2.9	2.3	1.9	2.3

FUENTE: SENAMHI – Puno (2015)

**d) Temperatura**

El régimen de temperaturas en esta zona resulta muy desfavorable, pues en los meses de otoño e invierno descienden a niveles por debajo de 0 °C.

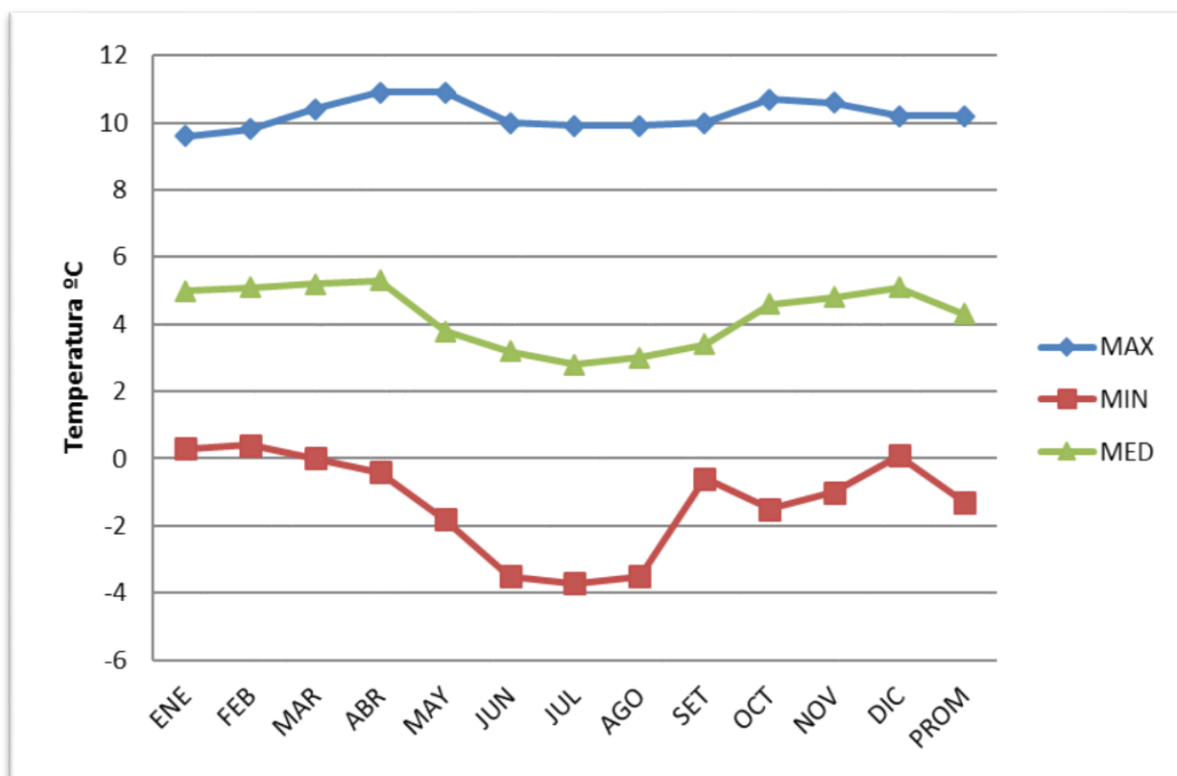
De acuerdo a los datos de la estación meteorológica de Ananea, la temperatura media anual es 4.3°C, y las temperaturas máxima media mensual se presenta en los meses de Abril y Mayo con 10.9°C y mínima media mensual se presenta en el mes de julio con -3.7 °C.

En el área de estudio, la temperatura media anual estimada de acuerdo al gradiente de temperatura asumida a 0.55 de disminución por cada 100 metros de aumento de altura es 2.3 C°.

**Cuadro 11.** Temperatura Media Mensual y Anual °C

ESTACIÓN: <b>ANANEA</b>													
Longitud: 14°40'36"W      Longitud: 69°32'1.9"W													
Altitud: 4714 m.s.n.m.													
Distrito: Ananea, Provincia: San Antonio de Putina Región: Puno													
TEM	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM
MAX	9,6	9,8	10,4	10,9	10,9	10,0	9,9	9,9	10,0	10,7	10,6	10,2	10,2
MIN	0,3	0,4	0,0	-0,4	-1,8	-3,5	-3,7	-3,5	-0,6	-1,5	-1,0	0,1	-1,3
MED	5,0	5,1	5,2	5,3	3,8	3,2	2,8	3,0	3,4	4,6	4,8	5,1	4,3

FUENTE: SENAMHI – Puno (2015)



**Figura 1:** Variación de la Temperatura Media Mensual Estación Ananea

**e) Humedad Relativa**

La humedad relativa promedio mensual más baja se presenta en el mes de Julio con 68%, la más alta se presenta en los meses de febrero y marzo con 91% y la humedad relativa promedio durante el año es de 85%.

**Cuadro 12.** Humedad Relativa Promedio Mensual

Estación: <b>Ananea</b>												
Latitud: 14°40'36"W						Longitud: 69°32'1.9"W						
Altitud: 4714 m.s.n.m.												
Distrito: Ananea, Provincia San Antonio de Putina, Región: Puno												
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM
90	91	91	87	79	81	68	80	86	87	89	89	85

FUENTE: SENAMHI – Puno (2015)

**f) Dirección y Velocidad de Viento**

En el área de estudio la velocidad de viento es variable, por las mañanas la velocidad es 2.0 m/s con dirección NE. Por las tardes la velocidad de viento es de 4 m/s con dirección NW y por las noches la velocidad de viento llega de 7.5 a 8.0 m/s.

**4.2. GEOMORFOLOGIA**

El área de estudio está ubicada en la unidad morfoestructural de la Cordillera Oriental. Esta unidad en la zona de estudio se manifiesta en cuatro sub grupos o subunidades que se denomina de Oeste a Este, Pre-Cordillera de Carabaya, Depresión longitudinal de Crucero-Ananea-Cojata, Cadena de Nevados y Vertiente Amazónica (Laubacher, 1978).

**Pre-Cordillera de Carabaya**

Esta sub-unidad de trabajo está al Suroeste del valle del río Grande y sus límites se extienden fuera de la zona de estudio. La Pre-Cordillera se orienta de SE-NO y se caracteriza porque las colinas tienen perfiles redondeados, cuyas crestas están entre 4,450 y 4,810 m.s.n.m., y algunos superan los 5,000 m.s.n.m.

(Cerro Yanacaca llega a 5,145 m.s.n.m.) Esta cordillera está modelada sobre rocas del paleozoico y parcialmente sobre rocas cretáceas.

### **Depresión longitudinal del Crucero Ananea–Cojata**

Esta sub-unidad coincide con la cuenca superior del valle del río Grande. En donde este relieve está orientado de sureste a noroeste y por su parte central discurre el río con un cauce muy amplio.

El valle tiene una superficie suavemente inclinada a prácticamente plana, pudiendo considerarse una llanura aluvial. Dentro de esta unidad los relieves planos son denominados pampas y entre las más importantes tenemos: Parinani, Baltimore, Lima pampa, Chaipitianapampa, Islapampa y Pampablanca.

Dentro de ellas otro relieve típico que está dentro de la depresión está conformado por las lagunas de origen glacial cuyos diques son morrenas frontales. Las principales lagunas son: Pacharia, Saracucho, Queo, Rinconada, Sillacunca y Pararani.

### **Cadena de Nevados**

Estas geoformas se desarrollan entre 4,810 a 5,850 m.s.n.m. La sub – unidad se caracteriza por su topografía abrupta y perfiles angulosos y la presencia de potentes glaciares.

### **Vertiente Amazónica**

Esta denominación le ha asignado al flanco Este de la Cordillera Oriental. Se caracteriza por presentar una topografía abrupta con laderas escarpadas,

valles angostos y de fuertes pendientes. Se desarrolla entre las cumbres de la cordillera que está a 5,800 m.s.n.m. y los 1,000n m.s.n.m.

Los ríos principales drenan por un lecho de fuerte pendiente formando en algunos sectores rápidos y pequeñas cascadas, lo que hace que el río tenga un flujo excesivamente torrencioso. Estas características de los ríos van desapareciendo según van acercándose hacia el río Inambari. Los ríos de la cuenca del río Inambari drenan de Suroeste a Noreste y el río Inambari va de Sureste a Noreste, recogiendo todos los ríos que bajan de la Cadena de Nevados.

#### **4.3. GEOLOGÍA REGIONAL**

En los cuadrángulos de Putina y la Rinconada afloran rocas cuyas edades van desde el Ordovícico Superior hasta el Cuaternario. Dentro de esta sucesión de rocas se pueden distinguir las siguientes etapas: El Paleozoico Inferior, compuesto por una sedimentación lutítico-arenosa y una secuencia detrítica de cuarcitas entrelazadas con niveles de pizarras negras; el Cuaternario está esencialmente compuesto de areniscas y lodolitas por limos y arcillas incluyendo material acarreado (depósitos fluviales).



**Cuadro 13.** Columna estratigráfica

UNIDADES ESTRATIGRAFICAS DE TIEMPO			UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS		
ERA	SISTEMA	SERIE	NOMBRE	SIMB.	LITOLOGIA
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	Depósitos Aluviales	Q-al	Grava, arena y finos
			Depósitos Fluvio Glacial	Q-fg	Grava y arena
	TERCIARIO	PLIOCENO	Deposito Glacial	Np-aj	Lutitas y conglomerados
			Formación Picotani	Np-pic	Tufos
PALEOZOICO	PERMICO	INFERIOR	Grupo Copacabana	Pi-c	Caliza y arenisca
	CARBONIFERO	PENSILVANIANO	Grupo Tarma	Cs-t	Arenisca cuarzosa
		MISIPIANO	Grupo Ambo	Ci-a	Conglomerado, arenisca y lutita
	SILURICO DEVONICO		Formación Ananea	SD-a	Pizarra negra
	ORDOVÍCICO	SUPERIOR	Formación Sandia	Os-s	Pizarras, cuarcitas y lutitas
		INFERIOR	Formación San José	Oi-sj	Lutita pizarrosa

FUENTE: INGEMMET (2011).

#### 4.3.1. Paleozoico inferior

##### Formación Sandia

La unidad litológica más antigua del Paleozoico en el cuadrángulo de La Rinconada, lo conforma la Formación Sandia. Fue definida inicialmente por Laubacher (1978) en el valle de Sandia, con un espesor aproximado

de 3 000 m, constituida por una secuencia detrítica de cuarcitas, entrelazadas con niveles de pizarras negras.

Esta unidad aflora ampliamente en la parte Norte del cuadrángulo de La Rinconada. Por el lado Norte, continúa con el cuadrángulo de Sandia; por el lado Este, continúa hasta la frontera con Bolivia; por el lado Sur, pasa por alrededores de Pantani, La Rinconada, laguna Comini, Pararani, nevado Chapi, nevado Jorge Chávez, llegando hasta el nevado Salluyo en la frontera con Bolivia.

Su contacto estratigráfico con la unidad infrayacente no se observa, mientras que el contacto con la Formación Ananea es anormal a través de un sobre escurrimiento.

La columna más importante está dentro de la quebrada Isaycruz, que da un grosor aproximado de 1 600 m. En la base se presentan un conjunto de siltitas finas de 150 m de espesor, con una foliación paralela denominada como de color gris oscuro a negro; inmediatamente después, vienen unos 700 m de una alternancia métrica o milimetrada de areniscas de grano fino, con cristales de moscovita y siltitas de grano fino, también con cristales de moscovita distribuidas subparalelamente a la esquistisidad, en bancos cuyos espesores varían entre 1 y 5 m, contiene textura de "Snoball" en cuarzo, que probablemente creció durante el aplanamiento de la foliación.

Sus estructuras sedimentarias internas son muy variadas, formando microdunas de 4 a 20 cm de longitud de onda; también "lenticular bedding", unas conectadas y otras sin conectar, presentan laminaciones

paralelas, niveles de reactivación arcillosa dentro de los niveles de areniscas.

Hacia la parte superior, los bancos de areniscas de color gris plomo varían de 2 a 5 m de grosor, intercalándose siltitas negras que alcanzan entre 10 a 40 cm. En sección delgada, se observa que se trata de areniscas de grano fino, con microdunas cuyas longitudes de onda alcanzan los 10 cm, también con laminaciones paralelas. La esquistocidad no las afecta, debido a su carácter refractario, mientras que las siltitas desarrollan una esquistocidad ligeramente subparalela a la foliación.

Por tratarse de una sedimentación impuesta por siltitas y lutitas, cuyas estructuras internas corresponden a “Flaser Bedding”, “Lenticular Bedding”, “ave Bedding” y otras, indicarían que la formación se habría sedimentado en un ambiente de llanura tidal.

#### Formación Ananea (SD-a)

Fue denominada así por Laubacher (1978) en la cordillera oriental. Consiste en una gruesa serie de esquistos epimetamórficos. En el cuadrángulo de La Rinconada básicamente ocupa la parte central, constituye todas las estribaciones occidentales de la línea de las altas cumbres de los nevados que forman la Cordillera Oriental. Sus afloramientos principales están entre los cerros Ccalaccumu, Condorquiña, Cuncca, Choquechambi, las nacientes de la quebrada Iscaycruz, los nevados Riti Urmasca, Caballune y también sobre la carretera que va a Sina, entre Chocñocota y el abra de Iscaycruz; algunos afloramientos aislados se encuentran en los alrededores de Trapiche, cubierto de depósitos fluvio glaciares.

La litología de esta formación corresponde a una homogénea y monótona sucesión de pizarras negras en paquetes de 20 hasta 80 cm.

Una columna levantada entre las cabeceras de la Qda. Iscaycruz y el C° Cunca, nos da un grosor aproximado de 500 m. El estudio al microscopio son una alternancia micrométrica de siltitas muy finas, con minerales de moscovita, cuarzo, serosita, finamente cristalizado, que están afectadas por un metamorfismo regional leve de tipo epizonal. Se intercalan en esta formación algunos delgados bancos masivos de areniscas de grano fino con grosores de 20-40 cm.

Por su sedimentación esencialmente fina compuesta por siltitas y ocasionalmente bancos de areniscas, el ambiente de sedimentación podría corresponder a una plataforma externa con déficit de aporte detrítico.

#### **4.3.2. Depósitos cuaternarios**

Los depósitos cuaternarios se encuentran distribuidos en el área de estudio en la depresión del Carabaya, la depresión de Ichupalla y valles como el de Putina, Trafide y Caylloma en el cuadrángulo de La Rinconada.

##### **Depósitos Aluviales**

El depósito aluvial en el cuadrángulo de La Rinconada está ampliamente difundido en la cuenca del río Grande de Suches. Esencialmente está constituido por limos y arcillas re TRABAJADAS del substrato pliocénico. El espesor ésta cubierto, por lo general es inferior a 1 m; en depresiones pronunciadas forman suelos pantanosos.

Dentro de éste depósito se incluye al producto acarreado (depósitos fluviales) de los ríos principales como el río grande de Suches que tiene

causes amplios que aflojan depósitos de grava y arena constituido por clastos de arenisca. (Ver plano geológico en anexo).

#### **4.4. GEOLOGIA LOCAL**

##### **4.4.1. El paleozoico inferior**

Laubacher, G en 1974, divide la secuencia paleozoica inferior al SE del Perú.

- Formación Ananea Silúrico-Devoniano
- Formación Sandia Caradociano

A toda esta secuencia le atribuyó un grosor entre 10000 a 15000 m. de lutitas y areniscas "marinas" afectadas por un metamorfismo epizonal. La sedimentación en general fue dividida en dos periodos:

\*Una sedimentación ordoviciana, entre el Arenigiano superior y el Caradociano, con una edad cronoestratigráfica entre 480 a 440 M.A.

\*Una sedimentación Siluro-Devónico, entre el Siluriano inferior y un Devoniano aún no diferenciado en esta región. Con una edad cronoestratigráfica propuesta entre los 435 a 350 M.A.

##### **4.4.2. Análisis de parámetros fisico-químicos**

Los resultados de los análisis de las muestras de agua en el laboratorio seleccionado se muestran en los cuadros que expresan el aporte de contaminación de los elementos analizados.

Teniendo en cuenta que la calidad de agua, es un parámetro muy importante en el análisis para el control de la contaminación, ya que

permitirá determinar los niveles actuales de contaminación. Para la interpretación se usaron los criterios que Aprueban Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero-Metalúrgicas, Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM.

Este Decreto Supremo establece los Límites Máximos Permisibles (LMP) para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero-Metalúrgicas, límite en cualquier momento y límite para el promedio anual, las cuales considera los parámetros siguientes: pH, sólidos totales en suspensión, aceites y grasas, cianuro total, arsénico total, cadmio total, cromo hexavalente, cobre total, hierro disuelto, plomo total, mercurio total y zinc total.

#### **4.4.3. Análisis de laboratorio**

Los análisis se realizaron en el laboratorio de calidad ambiental de la Universidad Mayor de San Andrés.

El cuál dio un informe de los análisis de los siguientes parámetros, pH, plomo total y mercurio total Para poder interpretar los resultados de estos elementos vamos se realizó una comparación de cada uno de los resultados de estos elementos con la tabla que Aprueban Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero-Metalúrgicas, Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM. Adjuntado en Anexo 1.

**Cuadro 14.** Límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero – metalúrgicas

Parámetros	Unidad	Límite en cualquier momento	Límite para el Promedio anual
pH		6 - 9	6 - 9
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	50	25
Aceites y Grasas	mg/L	20	16
Cianuro Total	mg/L	1	0.8
Arsénico Total	mg/L	0.1	0.08
Cadmio Total	mg/L	0.05	0.04
Cromo Hexavalente (*)	mg/L	0.1	0.08
Cobre Total	mg/L	0.5	0.4
Hierro (Disuelto)	mg/L	2	1.6
Plomo Total	mg/L	0.2	0.16
Mercurio Total	mg/L	0.002	0.0016
Zinc Total	mg/L	1.5	1.2

Fuente D.S. 010-2010-MINAM, Anexo 01, El Peruano.

### Interpretación del pH

En referencia al M 01 muestra obtenida, el resultado del análisis es de 6.5, en comparación con el anexo 01 donde nos especifica que el pH, Límite en cualquier momento el Límite máximo permisible es de 6 -9, siendo el mismo para el Límite Máximo permisible para el promedio anual, en referencia podemos decir, concluimos que el pH de la muestra está dentro de los límites Máximos permisibles y no genera impacto alguno.

En referencia al M 02 muestra obtenida, el resultado del análisis es de 7.5, en comparación con el cuadro D.S. 010-2010-MINAM donde nos

especifica que el pH, Límite en cualquier momento el Límite máximo permisible es de 6 -9, siendo el mismo para el Límite Máximo permisible para el promedio anual, en referencia podemos decir, concluimos que el pH de la muestra está dentro de los límites Máximos permisibles y no genera impacto alguno.

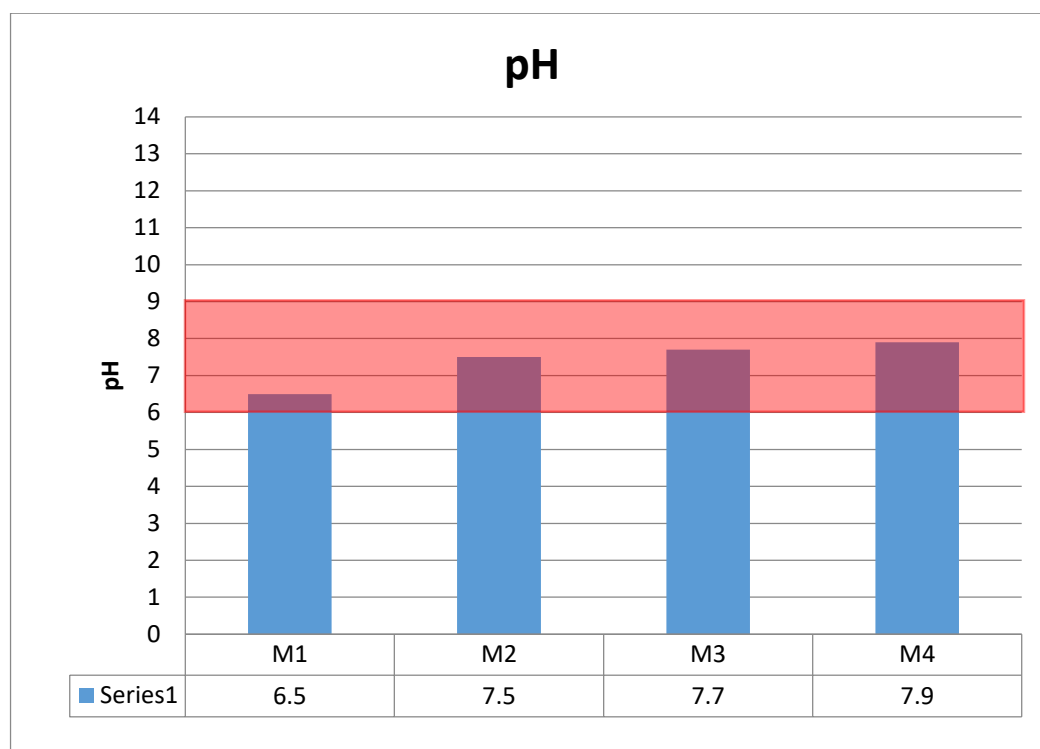
En cuanto a la M 03 muestra obtenida, el resultado del análisis es de 7.7, en comparación con el cuadro D.S. 010-2010-MINAM donde nos especifica que el pH, Límite en cualquier momento el Límite máximo permisible es de 6 -9, siendo el mismo para el Límite Máximo permisible para el promedio anual, en referencia podemos decir, concluimos que el pH de la muestra está dentro de los límites Máximos permisibles y no genera impacto alguno.

En cuanto a la M 04 muestra obtenida, el resultado del análisis es de 7.9, en comparación con el cuadro D.S. 010-2010-MINAM donde nos especifica que el pH, Límite en cualquier momento el Límite máximo permisible es de 6 -9, siendo el mismo para el Límite Máximo permisible para el promedio anual, en referencia podemos decir, concluimos que el pH de la muestra está dentro de los límites Máximos permisibles y no genera impacto alguno.

**Cuadro 15.** Datos de pH

Nº Muestra	pH
M1	6,5
M2	7,5
M3	7,7
M4	7,9





**Figura 2:** Interpretación del pH

### Interpretación del plomo total en agua

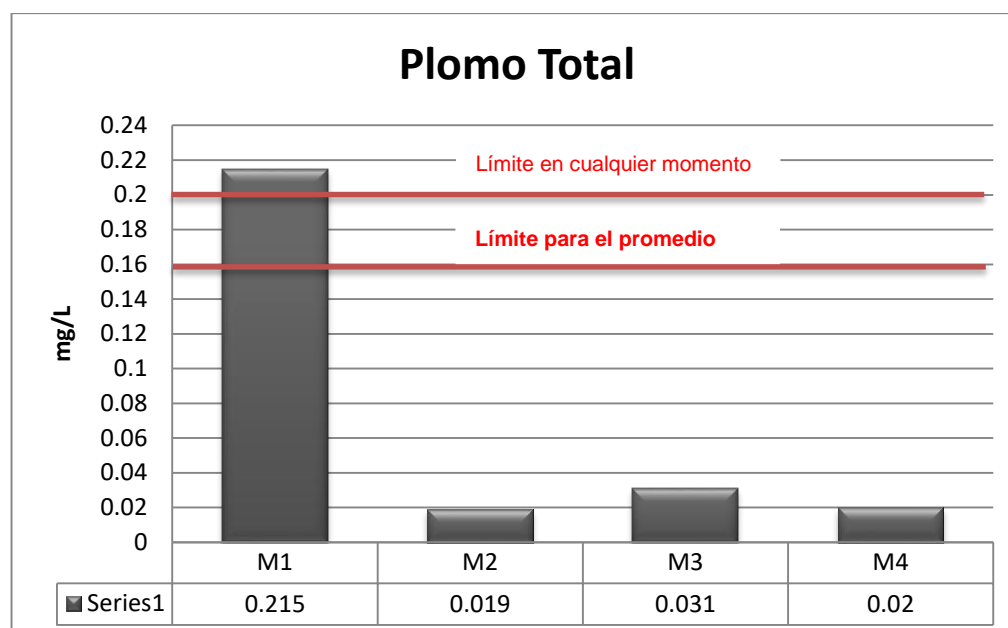
Del análisis de la muestra M 01 se tiene como resultado 0.215 mg/l de Pb. y de acuerdo anexo 01 que indica los LMP de descarga de efluentes líquidos de actividades minero – metalúrgicos, plomo total, el límite en cualquier momento es de 0.2 mg/l. y el límite para el promedio anual es de 0.16 mg/l. de acuerdo este resultado podemos interpretar que el plomo total, sobrepasa el LMP en ambos casos, de los cuales si genera impacto ambiental, en tal sentido el plomo deberá de recuperarse mediante un proceso metalúrgico con la finalidad de evitar efectos en la biota. (Ver figura 3).

Del análisis de la muestra M 02 se tiene como resultado 0.019 mg/l de Pb. y de acuerdo anexo 01 que indica los LMP de descarga de efluentes

líquidos de actividades minero – metalúrgicos, plomo total, el límite en cualquier momento es de 0.2 mg/l. y el límite para el promedio anual es de 0.16 mg/l. de acuerdo este resultado podemos interpretar que el plomo total está por debajo de los LMP, el análisis de la muestra M 03 se tiene como resultado 0.031 mg/l. y de acuerdo anexo 01 que indica los LMP de descarga de efluentes líquidos de actividades minero – metalúrgicos, plomo total, el límite en cualquier momento es de 0.2 mg/l. y el límite para el promedio anual es de 0.16 mg/l. de acuerdo este resultado podemos interpretar que el plomo total está por debajo de los LMP y finalmente el M 04 da como resultado 0.002 mg/l y de acuerdo anexo 01 que indica los LMP de descarga de efluentes líquidos de actividades minero – metalúrgicos, plomo total, el límite en cualquier momento es de 0.2 mg/l. y el límite para el promedio anual es de 0.16 mg/l. de acuerdo este resultado podemos interpretar que el plomo total está por debajo de los LMP, de ello determinamos que no generan impacto ambiental, (ver cuadro 14).

**Cuadro 16.** Plomo total en agua

<b>Nº Muestra</b>	<b>Plomo (mg/l)</b>
M1	0,215
M2	0,019
M3	0,031
M4	0,02



**Figura 3:** Plomo Total

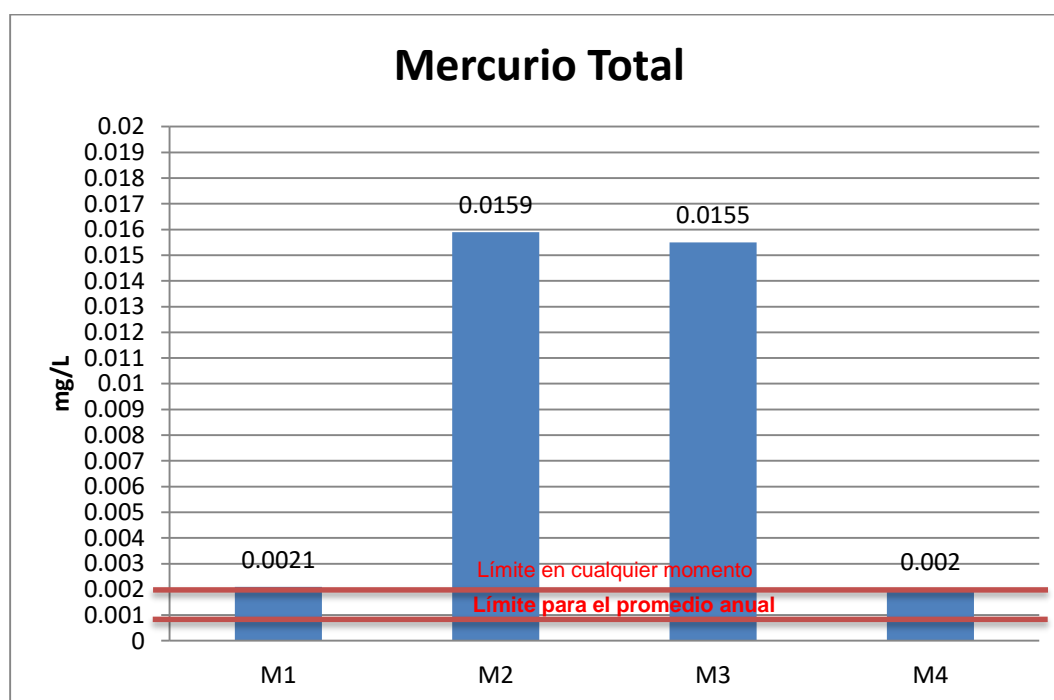
### Interpretación del mercurio total en agua

Del análisis de la muestra M 01 se tiene como resultado 0.0021 mg/l. así mismo en la muestra M 02 es de 0.0159 mg/l. así mismo en la muestra M 03 es de 0.0155 mg/l. así mismo en la muestra M 04 es de 0.002 mg/l y de acuerdo anexo 01 que indica los LMP de descarga de efluentes líquidos de actividades minero – metalúrgicos, mercurio total, el limite en cualquier momento es de 0.002 mg/l. y el límite para el promedio anual es de 0.0016 mg/l. de acuerdo este resultado podemos interpretar que el mercurio total, está sobrepasando el LMP en ambos casos, dicho mercurio es producto de la mala utilización de la retorta y la no recuperación óptima del mercurio utilizado en la recuperación del oro. El impacto que genera el mercurio es cuando pasa a compuestos orgánicos por acción de los microorganismos presentes en los sedimentos, afectando al plancton, algas, y sucesivamente a los organismos de niveles

tróficos como los peces, aves, e incluso el hombre, en el cual genera efectos como daños irreversibles al hígado; se acumula en el cerebro, ataca el sistema nervioso central y causa sordera parcial adormecimiento de las extremidades. (Ver figura 4).

**Cuadro 17.** Datos Mercurio Total en agua

Nº Muestra	Mercurio Hg (mg/l)
M1	0,0021
M2	0,0159
M3	0,0155
M4	0,002



**Figura 4:** Mercurio Total

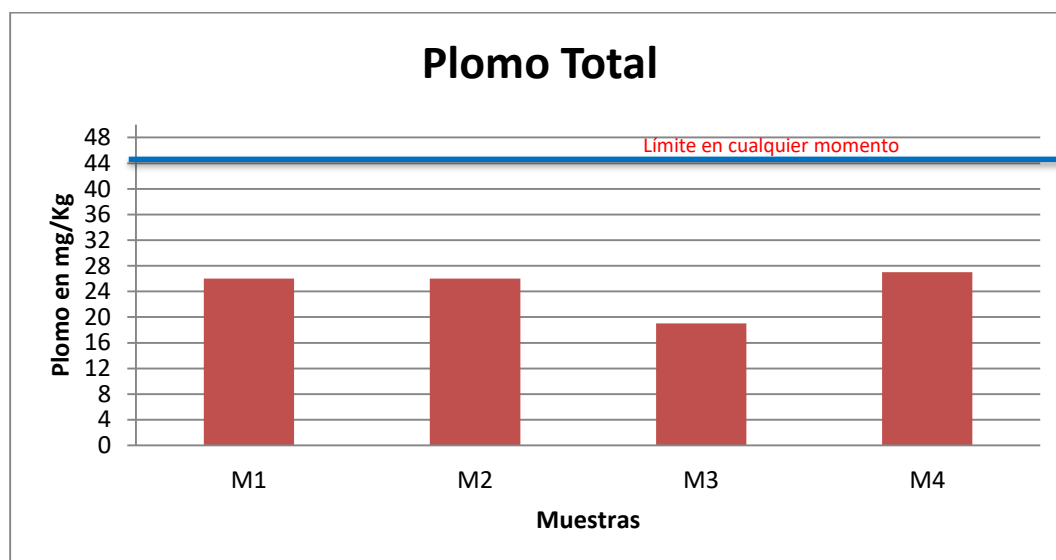
**Interpretación del plomo total (sedimentos)**

Del análisis de las muestras de plomo de acuerdo con (U.S E.P.A.- National Sediment Quality Survey) Appendix D: Screening Values for Chemicals Evaluated, ER-L (Effects range-low) que indica los LMP de la presencia de plomo esta por debajo de los limites en los puntos M 01 se

tiene como resultado 26 mg/kg, así mismo la muestra M 02 se tiene como resultado 26 mg/kg, así mismo la muestra M 03 se tiene como resultado 19 mg/kg y la muestra M 04 se tiene como resultado 27 mg/kg. de acuerdo con los resultados podemos interpretar que el plomo total, está por debajo de los LMP, en consecuencia, no generan impacto ambiental.

**Cuadro 18.** Datos Plomo total (sedimentos)

Nº Muestra	Plomo (mg/kg)
M1	26
M2	26
M3	19
M4	27



**Figura 5:** Plomo Total (sedimentos)

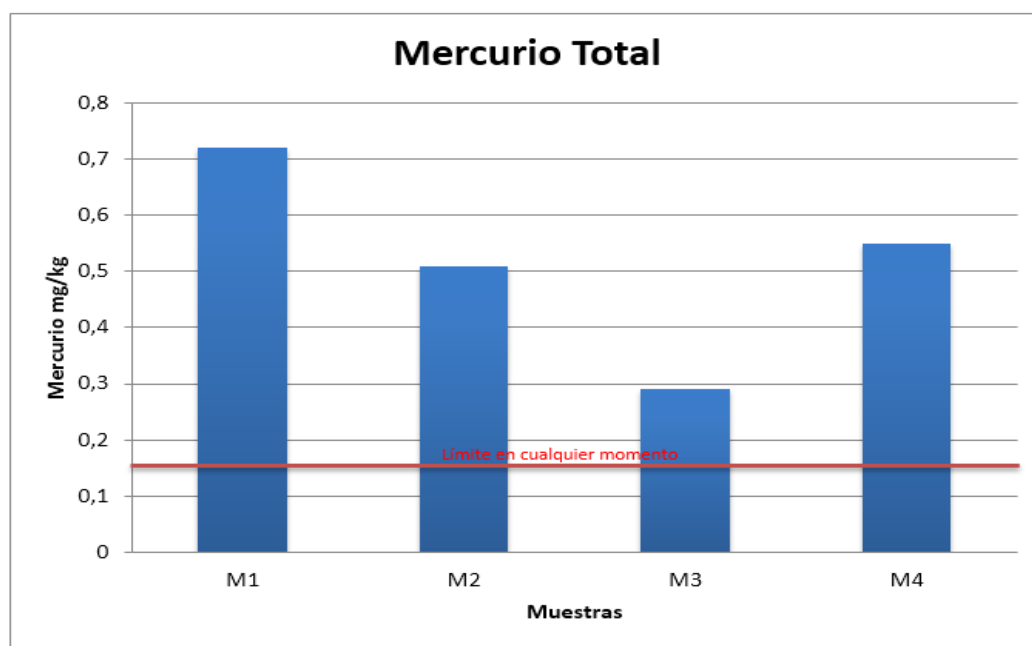
**Interpretación del mercurio total(sedimentos)**

Del análisis de la muestra M 01 se tiene como resultado 0.72 mg/kg. así mismo en la muestra M 02 es de 0.51 mg/kg. en la muestra M 03 es de 0.29 mg/kg. y en la muestra M 04 es de 0.55 mg/kg de acuerdo con (U.S E.P.A.-National Sediment Quality Survey) Appendix D: Screening Values for Chemicals Evaluated, ER-L (Effects range-low) que indica los

LMP de sedimentos, mercurio total. de acuerdo este resultado podemos interpretar que el mercurio total, esta sobrepasando el LMP, dicho mercurio es producto de la mala utilización de la retorta y la no recuperación óptima del mercurio utilizado en la recuperación del oro. El impacto que genera el mercurio es cuando pasa a compuestos orgánicos por acción de los microorganismos presentes en los sedimentos, afectando al plancton, algas, y sucesivamente a los organismos de niveles tróficos como los peces, aves, e incluso el hombre, en el cual genera efectos como daños irreversibles al hígado; se acumula en el cerebro, ataca el sistema nervioso central y causa sordera parcial adormecimiento de las extremidades. (Ver anexo 2 ).

**Cuadro 19.** Datos Mercurio Total Sedimentos

Nº Muestra	Mercurio Hg (mg/kg)
M1	0,72
M2	0,51
M3	0,29
M4	0,55



**Figura 6:** Mercurio Total (sedimentos)

#### 4.5. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS

La evaluación de los impactos ambientales adicionales se indica por componente ambiental.

##### **Impactos al aire**

Los impactos estimados de la actividad sobre el aire se pueden resumir en: emisión de polvo como consecuencia del movimiento de tierras, emisión de polvo y gases por transporte de personal e insumos, emisión de gases por generadores eléctricos, emisión de polvo y gases por la explotación, emisión de polvo por operación de planta concentradora, botaderos y depósito de relaves, emisiones fugitivas de la planta concentradora.

De igual manera, otro impacto en el componente ambiental del aire es el ruido generado por la perforación y voladura, limpieza y transporte de mineral, deposición de desmontes y otras actividades auxiliares.

El ámbito de los impactos sobre el componente aire es local, circunscrito al sector donde se realiza la explotación y a las inmediaciones del área de operaciones actuales. Estos impactos son reversibles porque mediante un adecuado plan de mitigación podrán ser controlados. Además, a largo plazo se espera el retorno a condiciones de calidad del aire similares a las originales luego de la fase de cierre y rehabilitación.

##### **Impactos al suelo**

Los impactos de las actividades del proyecto sobre el suelo se pueden resumir en pérdida de suelos por movimiento de tierras y emplazamiento de

infraestructura y pérdida de suelos por llenado paulatino de depósito de relaves.

Existe la posibilidad de alteración de suelos por vertido fortuito de aguas de drenaje de mina y de planta de beneficios, derrames de materiales como aceites, hidrocarburos u otros insumos producto de la operación de equipos. Por tal motivo, ha sido considerado como un riesgo ambiental.

La extensión de los impactos sobre el suelo es puntual y está circunscrito al sector donde se instalará el depósito de relaves, los botaderos de desmonte, infraestructura necesaria.

### **Flora y vegetación**

Los impactos estimados de la actividad sobre la flora y vegetación están relacionados con la pérdida de cobertura vegetal por emplazamiento de infraestructura. Durante la etapa de operación la intervención en la vegetación y flora se ha producido la muerte de la vegetación en varios sectores de la rivera del río básicamente como consecuencia de la operación del depósito de relaves y los botaderos de desmonte.

Los impactos del proyecto sobre la flora y vegetación durante la etapa de operación se califican como negativos y de relevancia mediana, debido a que, si bien la intensidad del impacto es mediana y el área tiene una cobertura vegetal, ésta no es exclusiva del sitio y se halla representada en otros sectores.

El ámbito de los impactos sobre la flora y vegetación es puntual, básicamente circunscrito al sector donde se encuentra el depósito de relaves, los botaderos de desmonte, la planta de beneficio y la zona de la infraestructura de servicios.



4.6 EVALUACIÓN DE RIESGO AMBIENTAL (MATRIZ DE LEOPOLD)

Cuadro 20. Área de influencia minera del río Saquí - distrito de Sina

CARACTERÍSTICAS O CONDICIONES DEL MEDIO SUSCEPTIBLES DE ALTERARSE		MATRIZ DE LEOPOLD PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGO AMBIENTAL EN EL ÁREA DE INFLUENCIA MINERA DEL RÍO SAQUÍ POR PLOMO Y MERCURIO -DISTRITO DE SINA				
		La Matriz de Leopold se convierte en eje del Estudio del riesgo Ambiental a la hora de evaluar la magnitud e importancia, y formará parte de Estructura de la Evaluación de Impacto Ambiental.		PROCESOS +/- "X"		EVALUACIONES
				A. Agricultura	B. Ganaderías y pastoreo	
A. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS	1. AGUA	A. Recurso Hídrico	(+4) +3	(+4) +5	(+8) +8	
		B. Calidad	(+3) +2	(+3) +4	(+6) +6	
		C. Temperatura	(+2) +2	(+2) +2	(+4) +4	
B. CONDICIONES BIOLÓGICAS	2. FLORA	A. Cosechas	(+2) +5	(+2) +3	(+4) +8	
		3. USOS DEL TERRITORIO	A. Zonas húmedas	(-3) +1	(-3) +1	(-6) +2
	3. USOS DEL TERRITORIO	B. Pastos	(-2) +2	(-2) +1	(-4) +3	
		C. Agricultura	(+3) +4	(+3) +4	(+6) +8	
C. FACTORES CULTURALES	4. ESTÉTICOS Y DE INTERÉS	A. Vistas panorámicas y paisajes	(+2) +1	(+2) +1	(+4) +2	
		B. Naturaleza	(+2) +2	(+2) +2	(+4) +4	
		C. Espacios abiertos	(+4) +2	(+4) +2	(+8) +4	
		D. Paisajes	(+2) +2	(+2) +3	(+4) +5	
	5. NIVEL CULTURAL	A. Estados de vida	(+1) +1	(+1) +2	(+3) +3	
		B. Salud y seguridad (rural)	(-2) +1	(-2) +1	(-2) +2	
		C. Empleo (Autosustentable)	(-3) +1	(-3) +1	(-6) +2	
		D. Densidad de población	(-2) +1	(-2) +2	(-2) +3	
<b>IMPACTO AMBIENTAL</b>					(+31) +64	

## CONCLUSIONES

- En el sitio minero de Saqui se ha identificado que en la vertiente del río los metales pesados, plomo y mercurio, están generando impacto ambiental hacia la población de Saquí.
- Los análisis de la M 01 se realiza a la salida donde está ubicado la minera Saqui, al plomo total da como resultado 0.192 mg/l. en comparación con parámetros de los LMP en cualquier momento es de 0.2 mg/l, y el límite para el promedio anual es de 0.16 mg/l. se observa el plomo sobrepasa los LMP y por lo tanto genera un impacto ambiental en el agua.
- El mercurio total, en la muestra M 01 es de 0.0021 mg/l. en la M 02 es de 0.0159 mg/l. en la M 03 es de 0.0155 mg/l. en la M 04 es de 0.002 mg/l y siendo los parámetros de los LMP límite en cualquier momento es de 0.002 mg/l, y el límite para el promedio anual es de 0.0016 mg/l. por lo que las muestras M 01, M 02 , M 03 y M 04 generan impacto ambiental con posibles consecuencias negativas en la biota y en la población.
- El plomo Total en sedimentos se tiene en la muestra M 01 es 26 mg/l, en la M 02 es 26 mg/l, así mismo la muestra M 03 es 19 mg/l y la muestra M 04 es 27 mg/l. de acuerdo con los resultados podemos interpretar que el

plomo total, está por debajo de los LMP, en consecuencia no generan impacto ambiental en la parte de sedimentos.

- El mercurio Total en sedimentos M 01 es 0.72 mg/kg. en M 02 es de 0.51 mg/kg. en M 03 es de 0.29 mg/kg. y en M 04 es de 0.55 mg/kg y siendo los parámetros de los LMP límite para el promedio es de 0.15 mg/kg. por lo que las muestras M 01, M 02 , M 03 y M 04 generan impacto ambiental con posibles consecuencias negativas en la biota y en la población de la zona.
- Los parámetros como: pH de 6,5 a 7,9 medidos en situ, no sobrepasan los LMP en la descarga de Efluentes líquidos donde es de (6 a 9) de las actividades minero – metalúrgica, los cuales no generan ningún impacto ambiental.
- En la valoración cualitativa (Matriz de Leopold) se obtuvo una estimación de los posibles efectos que recibe el medio ambiente circundante de la zona en especial la del área de influencia directa, en la metodología para el cálculo del puntaje ambiental sólo se consideró las características de los impactos en los factores ambientales, por lo tanto se determinó el grado de significancia de cada actividad en relación al Impacto Ambiental. A partir de esa información se logró obtener un conocimiento cualitativo. Por lo cual se procedió a clasificar el impacto de acuerdo a la siguiente categorización:
  - Irrelevante 70 a 100
  - Compatible: 40 a 70

- Moderado : 10 a 40
- Severo : -20 a 10
- Crítico: -50 a -20

De manera general se indican que la Evaluación de Impacto Ambiental (valoración cualitativa) para la zona en estudio dio como resultado un Impacto Ambiental “Moderado”.

## RECOMENDACIONES

- Se sugiere hacer pozas de sedimentación para mitigar los STS, y posteriormente generar una cubierta vegetal.
- Se sugiere ejecutar un proceso metalúrgico para la recuperación del plomo total, de esta manera se puede mitigar este elemento logrando una menor impacto ambiental en el sector.
- Para el mercurio total se debe realizar la implementación de retortas para la recuperación del mercurio utilizado, como una mejor manipulación en la utilización del mercurio.
- Se tiene que realizar el monitoreo bimestral, para llevar un mejor control de las implicancias, que podrían generar mayores concentraciones en el proyectos mineros y determinar una mitigación adecuada.
- Generar un plan de gestión ambiental en toda la zona de Saqui donde se encuentran los proyectos mineros, con la finalidad de controlar y mitigar los impactos ambientales producidos por ello

## BIBLIOGRAFÍA

- Arellano, D. J. (2002). *Introduccion a la Ingenieria Ambiental (primera ed.)*. ALFAOMEGA GRUPO EDITOR, S.A. de C.V.
- Arroyo, A. J. (2006). *Aplicacion de la Matriz de Leopold para la Identificacion y Valoracion de Impacto Ambiental en Minería*. UNA - PUNO: Tesis para optar el grado de Ingeniero de Minas.
- Bustillo, M. y Lopez, c. (2000). *Recursos Minerales*. Madrid: Gráfica Arias Montano S.A.
- Carranza Noriega R. (2001), "*Medio Ambiente Problemas y Soluciones*", Universidad Nacional del Callao. El Callao, Peru
- Castro-Larragoitia J., Kramar U., Puchelt H. (1997). 200 years of mining activities - *Consequences for environment and geochemical exploration*. La Paz/San Luis Potosí/Mexico
- Cesel, i. (2009). Estudio de factibilidad del aprovechamiento termoelectrico del gas natural en ayacucho – electrocentro s.a. Ayacucho.

- Chávez Toledo, C. (2012) Evaluación De Riesgos Ambientales Para Sitios Mineros: Caso Del Distrito Minero Santa María De La Paz- UASP.
- Choluca, M. D. (2002). Estudio de Impacto Ambiental para el Proyecto de Construcción y Operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el Municipio de San Andrés Choluca. Choluca.
- CONAM. (2006). *Informe Nacional sobre el estado del Ambiente; GEO PERU 2002-2006*. PNUMA.
- CONESA, V (2010). *Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental*. 4ta ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa. 270 p. ISBN: 978-84-8476-384-0
- Cuentas Alvarado, M. (2008) *Evaluación Cualitativa del Impacto Ambiental Generado por la Actividad Minera en la Rinconada Puno* – Universidad de Piura. Piura, Peru.
- Dudka S., Adriano D.C. (1997). Environmental impacts of metal ore mining and processing: A review. *J. Environ. Qual.*
- Espinoza, G.. (2002). *Gestión y Fundamentos de Evaluación Ambiental* [en línea]. Santiago: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Flores Franco, Rogelio. (2007) *Compendio de Economía y Evaluación Ambiental*. – *Maestría en Tecnologías de Protección Ambiental*. EPG UNAP. Puno, Peru
- Glave, M. y Kuramoto, J. (2001). *Proyecto Minerales, Minería y Desarrollo Sustentable – MMSD – Informe Final del Proyecto – PERU*.

- Glynn, H. y Heinke, G. (1999). *Ingeniería Ambiental*. Mexico: PRENTICE HALL.
- Harte J, Holdren C, Schneider R, Shirley C. (1995). 12 Metales tóxicos. *Guía de las sustancias contaminantes, el libro de los tóxicos de la A a la Z*. México, D.F.: Editorial Grijalbo, p 147-150.
- Instituto Geologico Minero y Metalurgico (2011). *Serie A Carta Geologica Nacional*. Lima, Peru.
- Laubacher g. (1978): "*Estudio geológico de la región norte del lago titicaca*". Instituto de geología y minería, estudios especiales n° 5 - serie d.
- Lee J.S., Lee S.W., Chon H.T., Kim K.W. (2008). Evaluation of human exposure to arsenic due to rice ingestion in the vicinity of abandoned Myungbong Au–Ag mine site, Korea. *J. Geochem. Explor.* **96**(2-3): 231-235.
- Leopold, L., Clarke, F., Hanshaw, B. y Balsey, J. (1971). *Procedure for evaluating environmental impact*. USA: Geological Survey Circular 645. p.13.
- May, P. F. (2010). *Guia Metodologica para la elaboracion de una E.I.A.* leopold. La Plata.
- Mejía J., Carrizales L., Rodríguez V.M., Jiménez-Capdeville M.E., Díaz-Barriga F. (1999). *Un método para la evaluación de riesgos para la salud en zonas mineras*.
- Mihelcic, J. R. y Zimmerman, J. B. (2012). *Ingeniería ambiental: fundamentos, sustentabilidad, diseño*. Mexico Alfaomega Grupo Editor, S.A.



- Ministerio de Energía y Minas. (2010). *DECRETO SUPREMO Nº 010-2010-MINAM, (2010)*, Aprueban Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero – Metalúrgicas.
- Moreno Sánchez R., Devars S. (1999). Capítulo 1. Abundancia de los metales pesados en la biosfera. *Contaminación ambiental de metales pesados*. Cervantes C. y Moreno- Sánchez R. (Eds.), Primera Edición, 1-10. AGT Editor, S.A., México, D.F.
- Oblasser, A., y Chaparro, E. (2008). *Estudio comparativo de la gestión de los pasivos ambientales mineros en Bolivia, Chile, Perú y Estados Unidos*. División de Recursos Naturales e Infraestructura. CEPAL.
- Paoliello M.M.B., De Capitani E.M., Da Cunha F.G., Matsuo T., Carvalho M.D.F., Sakuma A., Figueiredo B.R. (2002). Exposure of children to lead and cadmium from a mining area of Brazil. *Environ. Res.* **88**(2): 120-128.
- Pebe G., Villa H., Escate L., Cervantes G. (2008). Niveles de plomo sanguíneo en recién nacidos de La Oroya, 2004-2005. *Rev. Peru. Med. Exp. Salud Publica* **25**(4): 355-360.
- Razo I. (2006). *Identificación de áreas prioritarias de restauración de suelos contaminados por arsénico y metales pesados en el sitio minero y metalúrgico de Villa de La Paz-Matehuala, S.L.P.* Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México, 202 pp.
- Razo I., Carrizales L., Castro J., Díaz-Barriga F., Monroy M. (2004). *Arsenic and heavy metal pollution of soil, water and sediments in a semi-arid climate mining area in Mexico*. Water, Air, Soil Pollut.

- Rodriguez, D. H. (2005). *Estudios de Impacto Ambiental. Escuela Colombiana de Ingenieria.*, Bogota- Colombia.
- Sakuma A.M., De Capitani E.M., Figueiredo B.R., Maio F.D., Paoliello M.M., da Cunha F.G., Duran M.C. (2010). Arsenic exposure assessment of children living in a lead mining area in Southeastern Brazil. *Cad. Saude Publica, Rio de Janeiro* **26**(2): 391-398. [online] <<http://www.scielo.br/pdf/csp/v26n2/18.pdf>>, ISSN 0102-311X. Consultado: 19 junio 2010.
- United States Environmental Protection Agency. (2000). *Abandoned mine site characterization and cleanup handbook. EPA 910-B-00-001.* 129 pp. USEPA, Seattle, WA.
- Universidad de San Luis y Arzobispado de Huancayo (2005). *Solución Integral y sostenible al problema de salud ambiental y laboral en la Oroya y recuperación de la cuenca del rio Mantaro.* Huancayo, Peru
- Universidad Nacional Agraria la Molina.( 1999) *Investigación y monitoreo de los ríos Carabaya – Ramis y Cabanillas y del lago Titicaca.* Lima: Edit. MEM.
- Villegas P., C. I. (2003). *Economía de los recursos naturales y del medio ambiente: una aproximación conceptual.* Universidad nacional, medellin: posgrado en gestion ambiental, medio ambiente y desarrollo. Medellin, Colombia.

Yáñez L., García Nieto E., Rojas E., Carrizales L., Mejía J., Calderón J., Razo I., Díaz- Barriga F. (2003). *DNA damage in blood cells from children exposed to arsenic and lead in a mining area.*



**ANEXOS**

Anexo 1: Normas Legales DS-010-2010-MINAM

<p><b>424114</b></p> <p style="text-align: center;"> <b>NORMAS LEGALES</b></p> <p style="text-align: right;">El Peruano Lima, sábado 21 de agosto de 2010</p> <p>la Ministra de Economía y Finanzas y por el Ministro de Transportes y Comunicaciones.</p> <p style="padding-left: 40px;">Regístrese, comuníquese y publíquese.</p> <p><b>ALAN GARCÍA PÉREZ</b> Presidente Constitucional de la República</p> <p><b>JAVIER VELASQUEZ QUESQUÉN</b> Presidente del Consejo de Ministros</p> <p><b>MERCEDES ARÁOZ FERNÁNDEZ</b> Ministra de Economía y Finanzas</p> <p><b>ENRIQUE CORNEJO RAMÍREZ</b> Ministro de Transportes y Comunicaciones</p> <p><b>533964-6</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Autorizan viaje de funcionario de OSIPTEL a Colombia para participar en eventos organizados por el Centro de Excelencia de las Américas de la Unión Internacional de Telecomunicaciones</b></p> <p style="text-align: center;"><b>RESOLUCIÓN SUPREMA N° 194-2010-PCM</b></p> <p>Lima, 20 de agosto de 2010</p> <p>Vista, la Carta N° 816-GG.RI/2010 del Gerente General del Consejo Directivo del Organismo Supervisor de la Inversión Privada en Telecomunicaciones - OSIPTEL; y,</p> <p style="padding-left: 40px;"><b>CONSIDERANDO:</b></p> <p>Que, por comunicación de fecha 27 de julio de 2010 la Asesora en Gestión y Desarrollo de Recursos Humanos del Centro de Excelencia para la Región Américas de la Oficina Regional de la Unión Internacional de Telecomunicaciones - UIT para las Américas ha invitado al Gerente General del Organismo Supervisor de la Inversión Privada en Telecomunicaciones - OSIPTEL a participar en la "I Reunión del Comité Estratégico y de Calidad del Centro de Excelencia de las Américas de la Unión Internacional de Telecomunicaciones - UIT", así como en el "IV Foro Internacional Futuro de las Tecnologías de la Información en Telecomunicación - TIC en la Región Américas", a llevarse a cabo en la ciudad de Bogotá, República de Colombia, del 30 de agosto al 3 de setiembre de 2010;</p> <p>Que, los mencionados eventos son organizados por el Centro de Excelencia de las Américas de la Unión Internacional de Telecomunicaciones y cuentan con la colaboración de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas de Colombia;</p> <p>Que, las citadas reuniones congregarán a los expertos de la región de los organismos reguladores de telecomunicaciones y de las instituciones que forman parte de la Red de Nodos del Centro de Excelencia de las Américas de la UIT;</p> <p>Que, en atención al prestigio internacional del OSIPTEL, este organismo ha sido reconocido e incorporado a la Red de Nodos del Centro de Excelencia de las Américas, habiéndose firmado para ello, el 3 de octubre de 2008, el Acuerdo de Participación de dicha Red de Nodos entre el OSIPTEL y la UIT;</p> <p>Que, en el marco de este Acuerdo, el OSIPTEL y la UIT realizan actividades conjuntas con la finalidad de fortalecer las capacidades de los funcionarios del OSIPTEL, siendo la línea de contar con un mecanismo regional que fortalezca la capacidad de generar conocimiento y experiencia para el talento humano de más alto nivel de la Región Américas y contribuir a su capacitación y desarrollo;</p> <p>Que, en el IV Foro Internacional Futuro de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la Región Américas se tratarán importantes temas del sector, tales como la participación empresarial necesaria para el aporte de las TIC al desarrollo social, las redes de bajo costo en la inclusión digital, las aplicaciones TIC en las Américas, la regulación de aplicaciones, contenidos y televisión digital;</p>	<p>Que, en este sentido, la participación en estos eventos permitirá obtener recursos y generar la posibilidad de capacitación a los funcionarios del OSIPTEL en políticas de telecomunicaciones, gestión o gerencia de telecomunicaciones, nuevas tecnologías, servicios de telecomunicaciones y regulación de las telecomunicaciones;</p> <p>Que, el señor Alejandro Gustavo Jiménez Morales además de ser el Gerente General del OSIPTEL es responsable de las coordinaciones con el Centro de Excelencia de las Américas de la UIT, por lo cual su participación permitirá un adecuado intercambio de experiencias e información sobre temas muy importantes para la regulación de los servicios públicos de telecomunicaciones y las políticas de capacitación y fortalecimiento de las capacidades de los recursos humanos del sector;</p> <p>Que, la UIT asumirá los costos del pasaje aéreo del citado funcionario, correspondiendo asumir al OSIPTEL, con cargo a su presupuesto, los gastos por concepto de viáticos y tarifa única por uso de aeropuerto;</p> <p>De conformidad con lo establecido por la Ley N° 27619, Ley que regula la autorización de viajes al exterior de funcionarios y servidores públicos del Poder Ejecutivo; su Reglamento, aprobado mediante Decreto Supremo N° 047-2002-PCM; la Ley N° 29289, la Ley N° 29465, Ley de Presupuesto del Sector Público para el Año Fiscal 2010; y el Reglamento de Organización y Funciones de la Presidencia del Consejo de Ministros, aprobado por el Decreto Supremo N° 063-2007-PCM; y,</p> <p style="padding-left: 40px;">Estando a lo acordado;</p> <p style="text-align: center;"><b>SE RESUELVE:</b></p> <p><b>Artículo 1°.-</b> Autorizar el viaje del señor Alejandro Gustavo Jiménez Morales, Gerente General del Organismo Supervisor de la Inversión Privada en Telecomunicaciones - OSIPTEL, a la ciudad de Bogotá, República de Colombia, del 29 de agosto al 4 de setiembre de 2010, para los fines expuestos en la parte considerativa de la presente resolución.</p> <p><b>Artículo 2°.-</b> Los gastos que irroque el cumplimiento de la presente resolución se efectuarán con cargo al presupuesto del OSIPTEL, de acuerdo al siguiente detalle:</p> <table style="margin-left: 40px;"> <tr> <td>Tarifa Única por Uso de Aeropuerto</td> <td style="text-align: right;">US\$ 31,00</td> </tr> <tr> <td>Viáticos</td> <td style="text-align: right;">US\$ 1 200,00</td> </tr> </table> <p><b>Artículo 3°.-</b> Dentro de los quince (15) días calendario siguientes de efectuado el viaje, el referido funcionario deberá presentar a su institución un informe detallado describiendo las acciones realizadas, los resultados obtenidos y la rendición de cuentas por los viáticos entregados.</p> <p><b>Artículo 4°.-</b> La presente Resolución no otorga derecho a exoneración o liberación de impuestos aduaneros de ninguna clase o denominación.</p> <p><b>Artículo 5°.-</b> La presente Resolución Suprema será refrendada por el Presidente del Consejo de Ministros.</p> <p style="padding-left: 40px;">Regístrese, comuníquese y publíquese.</p> <p><b>ALAN GARCÍA PÉREZ</b> Presidente Constitucional de la República</p> <p><b>JAVIER VELASQUEZ QUESQUÉN</b> Presidente del Consejo de Ministros</p> <p><b>533964-7</b></p> <div style="background-color: #cccccc; padding: 5px; text-align: center; font-weight: bold; font-size: 1.2em;">AMBIENTE</div> <p style="text-align: center;"><b>Aprueban Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero - Metalúrgicas</b></p> <p style="text-align: center;"><b>DECRETO SUPREMO N° 010-2010-MINAM</b></p> <p style="text-align: center;">EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA:</p>	Tarifa Única por Uso de Aeropuerto	US\$ 31,00	Viáticos	US\$ 1 200,00
Tarifa Única por Uso de Aeropuerto	US\$ 31,00				
Viáticos	US\$ 1 200,00				



El Peruano

Lima, sábado 21 de agosto de 2010



NORMAS LEGALES

424115

## CONSIDERANDO:

Que, el artículo 3° de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, dispone que el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, las políticas, normas, instrumentos, incentivos y sanciones que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en dicha ley;

Que, el artículo 32° de la Ley N° 28611 modificado por el Decreto Legislativo N° 1055, establece que la determinación del Límite Máximo Permissible - LMP, corresponde al Ministerio del Ambiente y su cumplimiento es exigible legalmente por éste y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental;

Que, el numeral 33.4 del artículo 33° de la Ley N° 28611 en mención dispone que, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplica el principio de la gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, el literal d) del artículo 7° del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente - MINAM, modificado por el Decreto Legislativo N° 1039, establece como función específica de dicho Ministerio elaborar los ECA y LMP, de acuerdo con los planes respectivos. Deben contar con la opinión del sector correspondiente, debiendo ser aprobados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 011-96-EM-VMM, se aprobaron los niveles máximos permisibles para efluentes líquidos minero-metalúrgicos;

Que, el conocimiento actual de las condiciones de biodisponibilidad y biotoxicidad de los elementos que contiene los efluentes líquidos descargados al ambiente por acción antrópica y la forma en la que éstos pueden afectar los ecosistemas y la salud humana, concluyen que es necesario que los LMP se actualicen para las Actividades Minero-Metalúrgicas, a efecto que cumplan con los objetivos de protección ambiental;

Que, el Ministerio de Energía y Minas ha remitido una propuesta de actualización de LMP para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero-Metalúrgicas, la misma que fue publicada para consulta y discusión pública en el Diario Oficial El Peruano habiéndose recibido comentarios y observaciones que han sido debidamente meritados;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8 del artículo 118° de la Constitución Política del Perú, y el numeral 3 del artículo 11° de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

## DECRETA:

**Artículo 1°.- Objeto**

Aprobar los Límites Máximos Permisibles - LMP, para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero-Metalúrgicas de acuerdo a los valores que se indica en el Anexo 01 que forma parte integrante del presente Decreto Supremo.

**Artículo 2°.- Ámbito de Aplicación**

El presente Decreto Supremo es aplicable a todas las actividades minero-metalúrgicas que se desarrollen dentro del territorio nacional.

**Artículo 3°.- Definiciones**

Para la aplicación del presente Decreto Supremo se utilizarán los siguientes términos y definiciones:

**3.1 Autoridad Competente.-** Autoridad que ejerce las funciones de evaluación y aprobación de los instrumentos de gestión ambiental de la actividad minero-metalúrgica. En el caso de la gran y mediana minería dicha Autoridad Competente es el Ministerio de Energía y Minas, mientras que para la pequeña minería y minería artesanal son los Gobiernos Regionales.

**3.2 Efluente Líquido de Actividades Minero - Metalúrgicas.-** Es cualquier flujo regular o estacional de sustancia líquida descargada a los cuerpos receptores, que proviene de:

a) Cualquier labor, excavación o movimiento de tierras efectuado en el terreno cuyo propósito es el

desarrollo de actividades mineras o actividades conexas, incluyendo exploración, explotación, beneficio, transporte y cierre de minas, así como campamentos, sistemas de abastecimiento de agua o energía, talleres, almacenes, vías de acceso de uso industrial (excepto de uso público), y otros;

b) Cualquier planta de procesamiento de minerales, incluyendo procesos de trituración, molienda, flotación, separación gravimétrica, separación magnética, amalgamación, reducción, tostación, sinterización, fundición, refinación, lixiviación, extracción por solventes, electrodeposición y otros;

c) Cualquier sistema de tratamiento de aguas residuales asociado con actividades mineras o conexas, incluyendo plantas de tratamiento de efluentes mineros, efluentes industriales y efluentes domésticos;

d) Cualquier depósito de residuos mineros, incluyendo depósitos de relaves, desmontes, escorias y otros;

e) Cualquier infraestructura auxiliar relacionada con el desarrollo de actividades mineras; y,

f) Cualquier combinación de los antes mencionados.

**3.3 Ente Fiscalizador.-** Autoridad que ejerce las funciones de fiscalización y sanción de la actividad minera-metalúrgica; para la gran y mediana minería será el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería - OSINERGMIN, hasta que el Organismo de Evaluación y Fiscalización del Ambiente - OEFA asuma dichas funciones, y para la pequeña minería y minería artesanal de los Gobiernos Regionales.

**3.4 Límite Máximo Permissible (LMP).-** Medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan al efluente líquido de actividades minero-metalúrgicas, y que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el sistema de gestión ambiental.

**3.5 Límite en cualquier momento.-** Valor del parámetro que no debe ser excedido en ningún momento. Para la aplicación de sanciones por incumplimiento del límite en cualquier momento, éste deberá ser verificado por el fiscalizador o la Autoridad Competente mediante un monitoreo realizado de conformidad con el Protocolo de Monitoreo de Aguas y Efluentes.

**3.6 Límite promedio anual.-** Valor del parámetro que no debe ser excedido por el promedio aritmético de todos los resultados de los monitoreos realizados durante los últimos doce meses previos a la fecha de referencia, de conformidad con el Protocolo de Monitoreo de Aguas y Efluentes y el Programa de Monitoreo.

**3.7. Monitoreo de Efluentes Líquidos.-** Evaluación sistemática y periódica de la calidad de un efluente en un Punto de Control determinado, mediante la medición de parámetros de campo, toma de muestras y análisis de las propiedades físicas, químicas y fisicoquímicas de las mismas, de conformidad con el Protocolo de Monitoreo de Aguas y Efluentes.

**3.8. Parámetro.-** Cualquier elemento, sustancia o propiedad física, química o biológica del efluente líquido de actividades minero-metalúrgicas que define su calidad y que se encuentra regulado por el presente Decreto Supremo.

**3.9 Punto de Control de Efluentes Líquidos.-** Ubicación aprobada por la Autoridad Competente en la cual es obligatorio el cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles.

**3.10. Programa de Monitoreo.-** Documento de cumplimiento obligatorio por el titular minero, contiene la ubicación de los puntos de control de efluentes y cuerpo receptor, los parámetros y frecuencias de monitoreo de cada punto para un determinado centro de actividades minero - metalúrgicas.

Es aprobado por la Autoridad Competente como parte de la Certificación Ambiental y puede ser modificado por ésta de oficio o a pedido de parte, a efectos de eliminar, agregar o modificar puntos de control del efluente y cuerpo



424116


**NORMAS LEGALES**
El Peruano  
Lima, sábado 21 de agosto de 2010

receptor, parámetros o frecuencias, siempre que exista el sustento técnico apropiado. El Ente Fiscalizador podrá recomendar las modificaciones que considere apropiadas a consecuencia de las acciones de fiscalización.

El Programa de Monitoreo considerará, además de los parámetros indicados en el presente anexo, los parámetros siguientes:

- a) Caudal
- b) Conductividad eléctrica
- c) Temperatura del efluente
- d) Turbiedad

La autoridad Competente podrá disponer el monitoreo de otros parámetros que no estén regulados en el presente Decreto Supremo, cuando existan indicios razonables de riesgo a la salud humana o al ambiente.

**3.11 Protocolo de Monitoreo.-** Norma aprobada por el Ministerio de Energía y Minas en coordinación con el Ministerio del Ambiente, en la que se indican los procedimientos que se deben seguir para el monitoreo del cuerpo receptor y de efluentes líquidos de actividades minero - metalúrgicas. Sólo será considerado válido el monitoreo realizado de conformidad con este Protocolo, su cumplimiento es materia de fiscalización.

**3.12 Plan de Implementación para el Cumplimiento de los LMP.-** Documento mediante el cual el Titular Minero justifica técnicamente la necesidad de un plazo de adecuación mayor al indicado, de acuerdo al artículo 4° numeral 4.2. del presente Decreto Supremo, el cual describe las acciones e inversiones que ejecutará para garantizar el cumplimiento de los LMP. Este Plan se incorporará al correspondiente estudio ambiental y de ser el caso será parte de la actualización del plan de manejo ambiental señalada en el artículo 30° del Reglamento de la Ley N° 27446, aprobado por Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM.

**3.13 Titular Minero.-** Es la persona natural o jurídica que ejerce la actividad minera.

#### **Artículo 4°.- Cumplimiento de los LMP y plazo de adecuación**

4.1 El cumplimiento de los LMP que se aprueban por el presente dispositivo es de exigencia inmediata para las actividades minero - metalúrgicas en el territorio nacional cuyos estudios ambientales sean presentados con posterioridad a la fecha de la vigencia del presente Decreto Supremo.

4.2 Los titulares mineros que a la entrada en vigencia del presente Decreto Supremo cuenten con estudios ambientales aprobados, o se encuentren desarrollando actividades minero - metalúrgicas, deberán adecuar sus procesos, en el plazo máximo de veinte (20) meses contados a partir de la entrada en vigencia de este dispositivo, a efectos de cumplir con los LMP que se establecen.

Los titulares mineros que hayan presentado sus estudios ambientales con anterioridad a la entrada en vigencia del presente Decreto Supremo y son aprobados con posterioridad a éste, computarán el plazo de adecuación a partir de la fecha de expedición de la Resolución que apruebe el Estudio Ambiental.

4.3 Sólo en los casos que requieran el diseño y puesta en operación de nueva infraestructura de tratamiento para el cumplimiento de los LMP, la Autoridad Competente podrá otorgar un plazo máximo de treinta y seis (36) meses contados a partir de la vigencia del presente Decreto Supremo, para lo cual el Titular Minero deberá presentar un Plan de Implementación para el Cumplimiento de los LMP, que describa las acciones e inversiones que se ejecutará para garantizar el cumplimiento de los LMP y justifique técnicamente la necesidad del mayor plazo.

El Plan en mención deberá ser presentado dentro de los seis (06) meses contados a partir de la entrada en vigencia del presente dispositivo.

Mediante Resolución Ministerial, el Ministerio de Energía y Minas aprobará los criterios y procedimientos para la evaluación de los Planes de Implementación para el Cumplimiento de los LMP, así como los Términos de Referencia que determinen su contenido mínimo.

#### **Artículo 5°.- Prohibición de dilución o mezcla de Efluentes**

De acuerdo con lo previsto en el artículo 113° de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, todo Titular Minero tiene el deber de minimizar sus impactos sobre las aguas naturales, para lo cual debe limitar su consumo de agua fresca a lo mínimo necesario.

No está permitido diluir el efluente líquido con agua fresca antes de su descarga a los cuerpos receptores con la finalidad de cumplir con los LMP establecidos en el artículo 1° del presente Decreto Supremo.

Asimismo, no está permitida la mezcla de efluentes líquidos domésticos e industriales, a menos que la ingeniería propuesta para el tratamiento o manejo de aguas, así lo exija, lo cual deberá ser justificado técnicamente por el Titular Minero y aprobado por la autoridad Competente.

#### **Artículo 6°.- Resultados del monitoreo**

La Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros del Ministerio de Energía y Minas, es responsable de la administración de la base de datos de monitoreo de efluentes líquidos y calidad de agua de todas las actividades minero - metalúrgicas; los titulares mineros están obligados a reportar a dicha Dirección General los resultados del monitoreo realizado. Asimismo, el Ente Fiscalizador deberá remitir a la citada Dirección General los resultados del monitoreo realizado como parte de sus actividades de fiscalización.

La Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros garantizará el acceso oportuno y eficiente a la base de datos al Ente Fiscalizador. Asimismo, deberá elaborar dentro de los primeros sesenta (60) días calendario de cada año, un informe estadístico a partir de los datos de monitoreo reportados por los titulares mineros durante el año anterior, el cual será remitido al Ministerio del Ambiente.

#### **Artículo 7°.- Fiscalización y Sanción**

La fiscalización y sanción por el incumplimiento de los LMP aprobados en el presente Decreto Supremo, así como de la ejecución del Plan de Implementación para el Cumplimiento de los LMP está a cargo del Ente Fiscalizador; quien en el desarrollo de sus funciones, recurrirá, entre otros, a la base de datos de monitoreo ambiental administrada por la Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros del Ministerio de Energía y Minas.

#### **Artículo 8°.- Coordinación interinstitucional**

Si en el ejercicio de su función de fiscalización, supervisión y/o vigilancia, alguna autoridad toma conocimiento de la ocurrencia de alguna infracción ambiental relacionada al incumplimiento de los LMP aprobados por el presente dispositivo, y cuya sanción no es de su competencia, deberá informar al Ente Fiscalizador correspondiente o a la autoridad competente, adjuntando la documentación correspondiente.

#### **Artículo 9°.- Regímenes de Excepción**

De manera excepcional, la Autoridad Competente podrá exigir el cumplimiento de límites de descarga más rigurosos a los aprobados por el presente Decreto Supremo, cuando de la evaluación del correspondiente instrumento de gestión ambiental se concluya que la implementación de la actividad implicaría el incumplimiento del respectivo Estándar de Calidad Ambiental - ECA.

#### **Artículo 10°.- Refrendo**

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro del Ambiente y por el Ministro de Energía y Minas.

#### **DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES**

**Primera.-** El Ministerio de Energía y Minas, en coordinación con el Ministerio del Ambiente aprobará el Protocolo de Monitoreo de Aguas y Efluentes Líquidos en un plazo no mayor de doscientos cincuenta (250) días calendario contados a partir de su entrada en vigencia del presente Decreto Supremo.

**Segunda.-** En el plazo máximo de sesenta (60) días calendario contados a partir de la entrada en vigencia del presente Decreto Supremo, el Ministerio de Energía y

Minas aprobará los Términos de Referencia conforme a los cuales deba elaborarse el Plan de Implementación para el Cumplimiento de los LMP, así como el procedimiento de evaluación de dichos planes.

**Tercera.-** En el plazo de dos (02) años contados a partir de la entrada en vigencia del presente Decreto Supremo, el Ministerio del Ambiente en coordinación con el Ministerio de Energía y Minas evaluará la necesidad de establecer nuevos LMP para los siguientes parámetros:

- Nitrógeno amoniacal
- Nitrógeno como nitratos
- Demanda Química de Oxígeno
- Aluminio
- Antimonio
- Manganeso
- Molibdeno
- Niquel
- Fenol
- Radio 226
- Selenio
- Sulfatos

Para tal efecto, el Ministerio de Energía y Minas dispondrá la modificación de los Programas de Monitoreo de las actividades mineras en curso de modo que se incluyan los parámetros aquí mencionados.

**DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA TRANSITORIA**

**Única.-** Hasta la aprobación del Protocolo de Monitoreo de Aguas y Efluentes Líquidos se aplicará supletoriamente, el Protocolo de Monitoreo de Calidad de Agua, aprobado por Resolución Directoral N° 004-94-EM/DGAA.

**DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA DEROGATORIA**

**Única.-** Deróguese la Resolución Ministerial N° 011-96-EM/VMM, salvo los artículos 7°, 9°, 10°, 11° y 12°, así como los Anexos 03, 04, 05 y 06, los cuales mantienen su vigencia hasta la aprobación y entrada en vigencia del Protocolo de Monitoreo de Aguas y Efluentes Líquidos.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los veinte días del mes de agosto del año dos mil diez.

**ALAN GARCÍA PÉREZ**  
Presidente Constitucional de la República

**ANTONIO JOSÉ BRACK EGG**  
Ministro del Ambiente

**PEDRO SÁNCHEZ GAMARRA**  
Ministro de Energía y Minas

**ANEXO 01**

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

Parámetro	Unidad	Limite en cualquier momento	Limite para el Promedio anual
pH		6 - 9	6 - 9
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	50	25
Aceites y Grasas	mg/L	20	16
Cianuro Total	mg/L	1	0,8
Arsénico Total	mg/L	0,1	0,08
Cadmio Total	mg/L	0,05	0,04
Cromo Hexavalente(*)	mg/L	0,1	0,08
Cobre Total	mg/L	0,5	0,4
Hierro (Disuelto)	mg/L	2	1,5
Plomo Total	mg/L	0,2	0,16
Mercurio Total	mg/L	0,002	0,0016
Zinc Total	mg/L	1,5	1,2

**(\*) En muestra no filtrada**

- Los valores indicados en la columna "Limite en cualquier momento" son aplicables a cualquier muestra colectada por el Titular Minero, el Ente Fiscalizador o la Autoridad Competente, siempre que el muestreo y análisis hayan sido realizados de conformidad con el Protocolo de Monitoreo de Aguas y Efluentes del Ministerio de Energía y Minas; en este Protocolo se establecerán entre otros aspectos, los niveles de precisión, exactitud y límites de detección del método utilizado.

- Los valores indicados en la columna "Promedio anual" se aplican al promedio aritmético de todas las muestras colectadas durante el último año calendario previo a la fecha de referencia, incluyendo las muestras recolectadas por el Titular Minero y por el Ente Fiscalizador siempre que éstas hayan sido recolectadas y analizadas de conformidad con el Protocolo de Monitoreo de Aguas y Efluentes del Ministerio de Energía y Minas

533964-1

**COMERCIO EXTERIOR Y TURISMO**

**Autorizan viaje de representante de PROMPERÚ a la República Popular China para participar en la Feria "Asia Fruit Logística 2010"**

**RESOLUCIÓN SUPREMA N° 103-2010-MINCETUR**

Lima, 20 de agosto de 2010

Visto el Oficio N° 301-2010-PROMPERU/SG, de la Secretaría General de la Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo - PROMPERÚ.

**CONSIDERANDO:**

Que, la Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo - PROMPERÚ, es un organismo público técnico especializado adscrito al Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, competente para proponer y ejecutar los planes y estrategias de promoción de bienes y servicios exportables, así como de turismo interno y receptivo, promoviendo y difundiendo la imagen del Perú en materia turística y de exportaciones;

Que, PROMPERÚ, conjuntamente con cuatro empresas agroexportadoras y cinco gremios exportadores nacionales, han programado su participación en la Feria "ASIA FRUIT LOGÍSTICA 2010", organizado por la empresa Messe Berlin GMBH, a realizarse en la ciudad de Hong Kong, República Popular China, del 8 al 10 de setiembre del 2010, con el objetivo de promover las exportaciones de frutas y hortalizas frescas en el mercado asiático, a fin de consolidar nuestra presencia como país abastecedor de frutas y hortalizas de calidad;

Que, la participación de PROMPERÚ en este evento permitirá evaluar la participación de las empresas peruanas exportadoras en dicho mercado, así como conocer los aspectos de la cadena de comercialización y distribución de frutas y hortalizas entre las ciudades chinas de Hong Kong y Guangzhou;

Que, la Secretaría General de PROMPERÚ ha solicitado que se autorice el viaje del señor Víctor Germán Sarabia Molina, quien presta servicios en dicha entidad, para que en representación de PROMPERÚ, participe en la referida feria, realizando acciones de promoción de las exportaciones de importancia para el país y coordinando cuanto se refiere a la instalación del stand peruano;

Que, la Ley N° 29465, Ley de Presupuesto del Sector Público para el Año Fiscal 2010, prohíbe los viajes al exterior con cargo a recursos públicos, salvo los casos excepcionales que la misma Ley señala, entre ellos, los viajes que se efectúen en el marco de las acciones de promoción de importancia para el Perú, los que deben realizarse en categoría económica y ser autorizados por Resolución Suprema;

De conformidad con el Decreto de Urgencia N° 001-2010, la Ley N° 27790, de Organización y Funciones del



**Anexo 2: Estándares para Sedimentos**

Tabla : Valores de concentración de metales en sedimentos en cuerpos de agua dulce de acuerdo a algunas normas de referencia, para Argentina se indican los valores guía para calidad y uso de suelos, no existen para sedimentos de agua dulce. (mg/Kg)

	As	Cu	Hg	Pb
<b>HOLANDA</b> (Directorate General for Environmental Protection ) - Department of Soil Protection: Target values and Intervention values for soil remediation 02/2000 .				
Target Value (Valor de Referencia)	29	36	0.3	85
HC-50 (Ecotoxicological Value)	40	190	10	290
Intervention Value (Valor de Intervención)	55	190	10	530
<b>CANADÁ</b> (Canadian Environmental Quality Guidelines 2002)				
ISQG para Sedimento de Agua Dulce	5.9	35.7	0.17	35
PEL para Sedimento de Agua Dulce	17	197	0.486	91.3
<i>(ISQG =Interin Sediment Quality Guideline) = Guía Interina de Calidad de Sedimento</i>				
<i>(PEL = Probable Effect Level) = Probable Nivel de Efectos</i>				
<b>ESTADOS UNIDOS DE NORTEAMÉRICA</b> (U.S E.P.A. -National Sediment Quality Survey) Appendix D: Screening Values for Chemicals Evaluated				
ER-L (Effects range-low)	8.2	34	0.15	46.7
ER-M (Effects range-median)	70	270	0.71	218
AET-L (Apparent effects threshold-low)	50	390	0.59	450
AET-H (Apparent effects threshold-high)	700	1300	2.1	660
PEL (Probable effects levels )	4.21	108	0.7	112
<b>ARGENTINA (Ley Nacional 24051 Decreto 831/93)</b>				
Argentina (Res. 831/93)* = Suelo para Uso Agrícola	20	150	0.8	375
Argentina (Res. 831/93)** = Suelo para Uso Residencial	30	100	2	500
Argentina (Res. 831/93)*** = Suelo para Uso Industrial	50	500	20	1000

Fuente: Universidad Tecnológica Nacional (UTN) Argentina - Multimedia Ambiente Ecológico

**Anexo 3:** Determinación de mercurio

**METHOD 245.1**

**DETERMINATION OF MERCURY IN WATER  
BY COLD VAPOR ATOMIC ABSORPTION SPECTROMETRY**

**Revision 3.0  
EMMC Version**

J.F. Kopp, M.C. Longbottom, and L.B. Lobring - Mercury in Water (Cold Vapor Technique),  
Revision 1.0, (1972)

J.F. Kopp and L.B. Lobring - Method 245.1, Revision 2.0 (1979)

L.B. Lobring and B.B. Potter - Method 245.1, Revision 2.3 (1991)

J.W. O'Dell, B.B. Potter, L.B. Lobring, and T.D. Martin - Method 245.1, Revision 3.0 (1994)

**ENVIRONMENTAL MONITORING SYSTEMS LABORATORY  
OFFICE OF RESEARCH AND DEVELOPMENT  
U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY  
CINCINNATI, OHIO 45268  
METHOD 245.1**

245.1-1

**1.0 SCOPE AND APPLICATION**

1.1 This procedure<sup>1</sup> measures total mercury (organic + inorganic) in drinking, surface, ground, sea, brackish waters, industrial and domestic wastewater.

Analyte	Chemical Abstracts Service Registry Number (CASRN)
Mercury	7439-97-6

1.2 The range of the method is 0.2-10 µg Hg/L. The range may be extended above or below the normal range by increasing or decreasing sample size. However, the actual method detection limit and linear working range will be dependent on the sample matrix, type of instrumentation configuration, and selected operating conditions.

1.3 Reduced volume or semi-automated versions of this method, that use the same reagents and molar ratios, are acceptable provided they meet the quality control and performance requirements stated in the method (Section 9.0).

1.4 For reference where this method is approved for use in compliance monitoring programs [e.g., Clean Water Act (NPDES) or Safe Drinking Water Act (SDWA)] consult both the appropriate sections of the Code of Federal Regulation (40 CFR Part 136 Table 1B for NPDES, and Part 141 § 141.23 for drinking water), and the latest Federal Register announcements.

**2.0 SUMMARY OF METHOD**

2.1 A known portion of a water sample is transferred to a BOD bottle, equivalent ground glass stoppered flask or other suitable closed container. It is digested in diluted potassium permanganate-potassium persulfate solutions and oxidized for two hours at 95°C. Mercury in the digested water sample is reduced with stannous chloride to elemental mercury and measured by the conventional cold vapor atomic absorption technique.

**3.0 DEFINITIONS**

3.1 **Calibration Blank** - A volume of reagent water acidified with the same acid matrix as in the calibration standards. The calibration blank is a zero standard and is used to auto-zero the instrument.

- 3.2 **Calibration Standard (CAL)** - A solution prepared from the dilution of stock standard solutions. The CAL solutions are used to calibrate the instrument response with respect to analyte concentration.
- 3.3 **Field Reagent Blank (FRB)** - An aliquot of reagent water or other blank matrix that is placed in a sample container in the laboratory and treated as a sample in all respects, including shipment to the sampling site, exposure to the sampling site conditions, storage, preservation, and all analytical procedures. The purpose of the FRB is to determine if method analytes or other interferences are present in the field environment.
- 3.4 **Instrument Performance Check (IPC) Solution** - A solution of the method analyte, used to evaluate the performance of the instrument system with respect to a defined set of method criteria.
- 3.5 **Laboratory Duplicates (LD1 and LD2)** - Two aliquots of the same sample taken in the laboratory and analyzed separately with identical procedures. Analyses of LD1 and LD2 indicates precision associated with laboratory procedures, but not with sample collection, preservation, or storage procedures.
- 3.6 **Laboratory Fortified Blank (LFB)** - An aliquot of LRB to which a known quantity of the method analyte is added in the laboratory. The LFB is analyzed exactly like a sample, and its purpose is to determine whether the methodology is in control and whether the laboratory is capable of making accurate and precise measurements.
- 3.7 **Laboratory Fortified Sample Matrix (LFM)** - An aliquot of an environmental sample to which a known quantity of the method analyte is added in the laboratory. The LFM is analyzed exactly like a sample, and its purpose is to determine whether the sample matrix contributes bias to the analytical results. The background concentrations of the analytes in the sample matrix must be determined in a separate aliquot and the measured values in the LFM corrected for background concentrations.
- 3.8 **Laboratory Reagent Blank (LRB)** - An aliquot of reagent water or other blank matrices that are treated exactly as a sample including exposure to all glassware, equipment, solvents, reagents, and internal standards that are used with other samples. The LRB is used to determine if the method analyte or other interferences are present in the laboratory environment, reagents, or apparatus.
- 3.9 **Linear Dynamic Range (LDR)** - The concentration range over which the instrument response to an analyte is linear.
- 3.10 **Method Detection Limit (MDL)** - The minimum concentration of an analyte that can be identified, measured, and reported with 99% confidence that the analyte concentration is greater than zero.



- 3.11 **Quality Control Sample (QCS)** - A solution of the method analyte of known concentration which is used to fortify an aliquot of LRB or sample matrix. The QCS is obtained from a source external to the laboratory and different from the source of calibration standards. It is used to check either laboratory or instrument performance.
- 3.12 **Standard Addition** - The addition of a known amount of analyte to the sample in order to determine the relative response of the detector to an analyte within the sample matrix. The relative response is then used to assess either an operative matrix effect or the sample analyte concentration.
- 3.13 **Stock Standard Solution** - A concentrated solution containing one or more method analytes prepared in the laboratory using assayed reference materials or purchased from a reputable commercial source.

#### 4.0 INTERFERENCES

- 4.1 Interferences have been reported for waters containing sulfide, chloride, copper and tellurium. Organic compounds which have broad band UV absorbance (around 253.7 nm) are confirmed interferences. The concentration levels for interferants are difficult to define. This suggests that quality control procedures (Section 9.0) must be strictly followed.
- 4.2 Volatile materials (e.g., chlorine) which absorb at 253.7 nm will cause a positive interference. In order to remove any interfering volatile materials, the dead air space in the digestion vessel (BOD bottle) should be purged before addition of stannous chloride solution.
- 4.3 Low level mercury sample preparation, digestion, and analysis may be subject to environmental contamination if performed in areas with high ambient backgrounds where mercury was previously employed as an analytical reagent in analyses such as total Kjeldahl nitrogen (TKN) or chemical oxygen demand (COD).

#### 5.0 SAFETY

- 5.1 The toxicity and carcinogenicity of each reagent used in this method has not been fully established. Each chemical should be regarded as a potential health hazard and exposure to these compounds should be minimized by good laboratory practices<sup>1</sup>. Normal accepted laboratory safety practices should be followed during reagent preparation and instrument operation. Always wear safety glasses or full-face shield for eye protection when working with these reagents. Each laboratory is responsible for maintaining a current safety plan, a current awareness file of OSHA regulations regarding the safe handling of the chemicals specified in this method.<sup>3,4</sup>

- 5.2 Mercury compounds are highly toxic if swallowed, inhaled, or absorbed through the skin. Analyses should be conducted in a laboratory exhaust hood. The analyst should use chemical resistant gloves when handling concentrated mercury standards.
- 5.3 The acidification of samples containing reactive materials may result in the release of toxic gases, such as cyanides or sulfides. Acidification of samples should be done in a fume hood.
- 5.4 All personnel handling environmental samples known to contain or to have been in contact with human waste should be immunized against known disease causative agents.

## 6.0 EQUIPMENT AND SUPPLIES

### 6.1 Atomic Absorption Cold Vapor System

- 6.1.1 Atomic Absorption Spectrophotometer - Any atomic absorption unit having an open sample presentation area in which to mount the absorption cell is suitable. Instrument settings recommended by the particular manufacturer should be followed. The use of background correction is recommended, but is not mandatory.
- 6.1.2 Mercury Hollow Cathode Lamp - Single element hollow cathode lamp or electrodeless discharge lamp and associated power supply.
- 6.1.3 Absorption Cell - Standard spectrophotometer cells 10-cm long, having quartz windows may be used. Suitable cells may be constructed from plexiglass tubing, 1 in. O.D. by 4 ½ in. long. The ends are ground perpendicular to the longitudinal axis and quartz windows (1 in. diameter by 1/16 in. thickness) are cemented in place. Gas inlet and outlet ports (also of plexiglass but ¼ in. O.D.) are attached approximately ½ in. from each end. The cell is strapped to a burner for support and aligned in the light beam to give the maximum transmittance.
- 6.1.4 Aeration Tubing - Inert mercury-free tubing is used for passage of mercury vapor from the sample bottle to the absorption cell. In some systems, mercury vapor is recycled. Straight glass tubing terminating in a coarse porous glass aspirator is used for purging mercury released from the water sample in the BOD bottle.
- 6.1.5 Air Pump - Any pump (pressure or vacuum system) capable of passing air 1 L/min. is used. Regulated compressed air can be used in an open one-pass system.

6.1.6 Drying Tube - Tube (6 in. x  $\frac{3}{4}$  in. O.D.) containing 20 g of magnesium perchlorate. The filled tube is inserted (in-line) between the BOD bottle and the absorption tube. In place of the magnesium perchlorate drying tube, a small reading lamp is positioned to radiate heat (about 10°C above ambient) on the absorption cell. Heat from the lamp prevents water condensation in the cell.

6.1.7 Recorder - Any multi-range variable speed recorder or data system that is compatible with the UV detection system is suitable.

**Note:** Instruments designed specifically for mercury measurement using the cold vapor technique are commercially available and may be substituted for the atomic absorption cold vapor system described above.

6.2 Flowmeter, capable of measuring an air flow of 1 L/min.

6.3 A water bath with a covered top and capacity to maintain a water depth of 2-3 in. at 95°C.

6.4 Analytical balance, with capability to measure to 0.1 mg, for use in weighing reagents and preparing standards.

6.5 Labware - All reusable labware should be sufficiently clean for the task objectives. Particular attention should be given to all ground glass surfaces during cleaning. Routinely all items should be soaked in 30% HNO<sub>3</sub> and rinsed three times in reagent water. Digestion containers used in sample preparation that do not rinse clean of the previous sample should be washed with a detergent solution prior to acid cleaning.

6.5.1 Glassware - Volumetric flasks and graduated cylinders.

6.5.2 BOD bottles (or other equivalent suitable closed containers).

6.5.3 Assorted calibrated pipettes.

## 7.0 REAGENTS AND STANDARDS

7.1 Reagents may contain elemental impurities which bias analytical results. All reagents should be assayed by the chemical manufacturer for mercury and meet ACS specifications. The assayed mercury level of all solid reagents used in this method should not exceed 0.05 ppm. It is recommended that the laboratory analyst assay all reagents for mercury.

7.2 Reagent Water, ASTM Type II<sup>5</sup>.

7.3 Nitric Acid (HNO<sub>3</sub>), concentrated (sp.gr. 1.41), assayed mercury level is not to exceed 1 µg/L.



- 7.3.1 Nitric acid (1+1) - Add 500 mL concentrated  $\text{HNO}_3$  to 400 mL reagent water and dilute to 1 L.
- 7.4 Sulfuric Acid ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), concentrated (sp.gr. 1.84), assayed mercury level is not to exceed  $1 \mu\text{g/L}$ .
- 7.4.1 Sulfuric acid, 0.5 N - Slowly add 14.0 mL of conc.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  to 500 mL of reagent water and dilute to 1 L with reagent water.
- 7.5 Mercury standard, stock, 1 mL =  $100 \mu\text{g Hg}$ : **DO NOT DRY. CAUTION:** highly toxic element. Dissolve 0.1354 g  $\text{HgCl}_2$  in 75 mL reagent water. Add 50.0 mL concentrated  $\text{HNO}_3$  (Section 7.3) and dilute to volume in 1 L volumetric flask with reagent water.
- 7.6 Mercury calibration standard (CAL) - To each volumetric flask used for serial dilutions, acidify with (0.1-0.2% by volume)  $\text{HNO}_3$  (Section 7.3). Using mercury stock standard (Section 7.5), make serial dilutions to obtain a concentration of  $0.1 \mu\text{g Hg/mL}$ .
- 7.7 Potassium permanganate solution - Dissolve 5 g of  $\text{KMnO}_4$  in 100 mL of reagent water.
- 7.8 Potassium persulfate solution - Dissolve 5 g of  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$  in 100 mL of reagent water.
- 7.9 Sodium chloride-hydroxylammonium chloride solution - Dissolve 12 g of  $\text{NaCl}$  and 12 g of hydroxylamine hydrochloride ( $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$ ) in 100 mL reagent water. (Hydroxylamine sulfate ( $\text{NH}_2\text{OH})_2\cdot\text{H}_2\text{SO}_4$  may be used in place of hydroxylamine hydrochloride.)
- 7.10 Stannous chloride solution - Add 25 g of  $\text{SnCl}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$  to 250 mL of 0.5 N  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (Section 7.4.1). This mixture is a suspension and should be stirred continuously during use.
- 7.11 Blanks - Three types of blanks are required for the analysis. The calibration blank is used in establishing the analytical curve, the laboratory reagent blank is used to assess possible contamination from the sample preparation procedure, and the laboratory fortified blank is used to assess routine laboratory performance.
- 7.11.1 The calibration blank must contain all reagents in the same concentrations and in the same volume as used in preparing the calibration solutions.
- 7.11.2 The laboratory reagent blank (LRB) is prepared in the manner as the calibration blank except the LRB must be carried through the entire sample preparation scheme.
- 7.11.3 The laboratory fortified blank (LFB) is prepared by fortifying a sample size volume of laboratory reagent blank solution with mercury to a suitable



concentration of >10X the MDL, but less than the midpoint concentration of the calibration curve. The LFB must be carried through the entire sample preparation scheme.

- 7.12 Instrument Performance Check (IPC) Solution - The IPC solution is used to periodically verify instrument performance during analysis. It must contain all reagents in the same concentration as the calibration solutions and mercury at an appropriate concentration to approximate the midpoint of the calibration curve. The IPC solution should be prepared from the same CAL standard (Section 7.6) as used to prepare the calibration solutions. Agency programs may specify or request that additional instrument performance check solutions be prepared at specified concentrations in order to meet particular program needs.
- 7.13 Quality Control Sample (QCS) - For initial and periodic verification of calibration standards and instrument performance, analysis of a QCS is required. The QCS must be obtained from an outside source different from the standard stock solution, but prepared in the same manner as the calibration solutions. The concentration of the mercury in the QCS solution should be such that the resulting solution will provide an absorbance reading near the midpoint of the calibration curve. The QCS should be analyzed quarterly or more frequently as needed to meet data-quality needs.

## 8.0 SAMPLE COLLECTION, PRESERVATION, AND STORAGE

- 8.1 Because of the extreme sensitivity of the analytical procedure and the presence of mercury in a laboratory environment, care must be taken to avoid extraneous contamination. Sampling devices, sample containers and plastic items should be determined to be free of mercury; the sample should not be exposed to any condition in the laboratory that may result in contamination from airborne mercury vapor.
- 8.2 For the determination of total mercury (inorganic + organic) in aqueous samples, samples are **not** filtered, but acidified with (1+1) nitric acid (Section 7.3.1) to pH <2 (normally, 3 mL of (1+1) acid per liter of sample is sufficient for most ambient and drinking water samples). Preservation may be done at the time of collection, however, to avoid the hazards of strong acids in the field, transport restrictions, and possible contamination it is recommended that the samples be returned to the laboratory as soon as possible after collection and acid preserved upon receipt in the laboratory. Following acidification, the sample should be mixed, held for 16 hours, and then verified to be pH <2 just prior withdrawing an aliquot for processing. If for some reason such as high alkalinity the sample pH is verified to be >2, more acid must be added and the sample held for additional 16 hours until verified to be pH <2. The preserved sample should be analyzed within 28 days of collection.

**Note:** When the nature of the sample is either unknown or is known to be hazardous, acidification should be done in a fume hood. See Section 5.2.

- 8.3 A field blank should be prepared and analyzed as required by the data user. Use the same container and acid as used in sample collection.

## 9.0 QUALITY CONTROL

- 9.1 Each laboratory using this method is required to operate a formal quality control (QC) program. The minimum requirements of this program consist of an initial demonstration of laboratory capability by analysis of laboratory reagent blanks, fortified blanks and samples used for continuing check on method performance. Commercially available water quality control samples are acceptable for routine laboratory use. The laboratory is required to maintain performance records that define the quality of the data generated.
- 9.2 Initial Demonstration of Performance (mandatory).
- 9.2.1 The initial demonstration of performance is used to characterize instrument performance (determination of linear dynamic ranges and analysis of quality control samples) and laboratory performance (determination of method detection limits) prior to analyses conducted by this method.
- 9.2.2 Linear dynamic range (LDR) - The upper limit of the LDR must be established. It must be determined from a linear calibration prepared from a minimum of three different concentration standards, one of which is close to the upper limit of the linear range. The LDR should be determined by analyzing successively higher standard concentrations of mercury until the observed analyte concentration is no more than 10% below the stated concentration of the standard. The determined LDR must be documented and kept on file. The LDR which may be used for the analysis of samples should be judged by the analyst from the resulting data. Determined sample analyte concentrations that are greater than 90% of the determined upper LDR limit must be diluted and reanalyzed. The LDR should be verified annually or whenever, in the judgement of the analyst, a change in analytical performance caused by either a change in instrument hardware or operating conditions would dictate they be redetermined.
- 9.2.3 Quality control sample (QCS) - When beginning the use of this method, on a quarterly basis, after the preparation of stock or calibration standard solutions or as required to meet data-quality needs, verify the calibration standards and acceptable instrument performance with the preparation and analyses of a QCS (Section 7.13). To verify the calibration standards, the determined concentration of the QCS must be within  $\pm 10\%$  of the stated value. If the calibration standard cannot be verified, performance of the determinative step of the method is unacceptable. The source of the problem must be identified and corrected before either proceeding on with the initial determination of method detection limits or continuing with on-going analyses.

245.1-9

- 9.2.4 Method detection limit (MDL) - A mercury MDL must be established using an LRB solution fortified at a concentration of two to three times the estimated detection limit.<sup>5</sup> To determine MDL values, take seven replicate aliquots of the fortified LRB and process through the entire analytical method. Perform all calculations defined in the method and report the concentration values in the appropriate units. Calculate the MDL as follows:

$$\text{MDL} = (t) \times (S)$$

where:

- t = Student's t value for n-1 degrees of freedom at the 99% confidence level; t = 3.143 for six degrees of freedom  
S = standard deviation of the replicate analyses

**Note:** If the relative standard deviation (RSD) from the analyses of the seven aliquots is <10%, the concentration used to determine the mercury MDL may have been inappropriately high for the determination. If so, this could result in the calculation of an unrealistically low MDL. Concurrently, determination of MDL in an LRB solution represents a best case situation and does not reflect possible matrix effects of real world samples. However, successful analyses of LFM's (Section 9.4) can give confidence to the MDL value determined in LRB solution.

The MDL must be sufficient to detect mercury at the required level according to compliance monitoring regulation (Section 1.2). The mercury MDL should be determined annually, when a new operator begins work or whenever, in the judgement of the analyst, a change in analytical performance caused by either a change in instrument hardware or operating conditions would dictate they be redetermined.

### 9.3 Assessing Laboratory Performance (mandatory)

- 9.3.1 Laboratory reagent blank (LRB) - The laboratory must analyze at least one LRB (Section 7.11.2) with each batch of 20 or fewer samples of the same matrix. LRB data are used to assess contamination from the laboratory environment. LRB values that exceed the MDL indicate laboratory or reagent contamination should be suspected. When LRB values constitute 10% or more of the analyte level determined for a sample or is 2.2 times the analyte MDL whichever is greater, fresh aliquots of the samples must be prepared and analyzed again for the affected analytes after the source of contamination has been corrected and acceptable LRB values have been obtained.



- 9.3.2 Laboratory fortified blank (LFB) - The laboratory must analyze at least one LFB (Section 7.11.3) with each batch of samples. Calculate accuracy as percent recovery using the following equation:

$$R = \frac{LFB - LRB}{s} \times 100$$

where:

R = percent recovery  
 LFB = laboratory fortified blank  
 LRB = laboratory reagent blank  
 s = concentration equivalent of mercury added to fortify

the LRB

solution.

If the recovery of mercury falls outside the required control limits of 85-115%, the analysis is judged out of control, and the source of the problem should be identified and resolved before continuing analyses.

- 9.3.3 The laboratory must use LFB analyses data to assess laboratory performance against the required control limits of 85-115% (Section 9.3.2). When sufficient internal performance data become available (usually a minimum of 20-30 analyses), optional control limits can be developed from the mean percent recovery ( $\bar{x}$ ) and the standard deviation (S) of the mean percent recovery. These data can be used to establish the upper and lower control limits as follows:

$$\begin{aligned} \text{UPPER CONTROL LIMIT} &= \bar{x} + 3S \\ \text{LOWER CONTROL LIMIT} &= \bar{x} - 3S \end{aligned}$$

The optional control limits must be equal to or better than the required control limits of 85-115%. After each five to ten new recovery measurements, new control limits can be calculated using only the most recent 20-30 data points. Also, the standard deviation (S) data should be used to establish an on-going precision statement for the level of concentrations included in the LFB. These data must be kept on file and be available for review.

- 9.3.4 Instrument performance check (IPC) solution - For all determinations the laboratory must analyze the IPC solution (Section 7.12) and a calibration blank immediately following each calibration, after every 10th sample (or more frequently, if required) and at the end of the sample run. Analysis of the calibration blank should always be less than the MDL. Analysis of the IPC solution immediately following calibration must verify that the instrument is within  $\pm 5\%$  of calibration. Subsequent analyses of the IPC solution must be within  $\pm 10\%$  of calibration. If the calibration cannot be

verified within the specified limits, analysis must be discontinued, the cause determined and/or in the case of drift the instrument recalibrated. All samples following the last acceptable IPC solution must be reanalyzed. The analysis data of the calibration blank and IPC solution must be kept on file with the sample analyses data.

#### 9.4 Assessing Analyte Recovery and Data Quality

9.4.1 Sample homogeneity and the chemical nature of the sample matrix can affect mercury recovery and the quality of the data. Taking separate aliquots from the sample for replicate and fortified analyses can in some cases assess the effect. Unless otherwise specified by the data user, laboratory or program, the following laboratory fortified matrix (LFM) procedure (Section 9.4.2) is required.

9.4.2 The laboratory must add a known amount of mercury to a minimum of 10% of samples or one sample per sample set, whichever is greater. In each case the LFM aliquot must be a duplicate of the aliquot used for sample analysis. Select a sample with a low mercury background that is representative of the type of water samples being analyzed. It is recommended that this sample be analyzed prior to fortification. The concentration of mercury added may vary based on the nature of samples being analyzed. When possible, the concentration should be the same as that added to the LRB, but should not exceed the midpoint concentration of the calibration curve. Over time, samples from all routine sample sources should be fortified.

9.4.3 Calculate the percent recovery, corrected for background concentration measured in the unfortified sample aliquot, and compare these values to the control limits to the designated LFM recovery range of 70-130%. Percent recovery may be calculated using the following equation:

$$R = \frac{C_s - C}{s} \times 100$$

where:

- R = percent recovery
- $C_s$  = fortified sample concentration
- C = sample background concentration
- s = concentration equivalent of mercury added to water sample

9.4.4 If mercury recovery falls outside the designated range, and the laboratory performance is shown to be in control (Section 9.3), the recovery problem encountered with the fortified water sample is judged to be matrix related, not system related. The result for mercury in the unfortified sample must

be labelled to inform the data user that the results are suspect due to matrix effects.

## 10.0 CALIBRATION AND STANDARDIZATION

- 10.1 Conveniently arrange and connect the various components of the instrument system using one of the options shown in Figure 1. If adjustable, the monochromator should be set to 253.65 nm. Prior to the use of this method the air flow should be optimized. (The recommended air flow rate through the system is 1 L/min.) For all determinations allow an instrument and hollow cathode lamp warm up period of not less than 15 minutes. When an instrument designed specifically for the determination of mercury by the cold vapor technique is being utilized, the analyst should follow the instructions provided by the manufacturer.
- 10.2 Before using the procedure (Section 11.0) to analyze samples, there must be data available documenting initial demonstration of performance. The required data and procedure is described in Section 9.2. This data must be generated using the same instrument operating conditions and calibration routine used for sample analysis. These documented data must be kept on file and be available for review by the data user.
- 10.3 The recommended calibration routine is given in Section 11.2.

## 11.0 PROCEDURE

### 11.1 Sample Preparation

- 11.1.1 Transfer 100 mL of the water sample [or an aliquot diluted with reagent water (Section 7.2) to 100 mL] into a sample container.

**Note:** For reduced volume analysis, adjust sample and reagent volumes to maintain the required sample to reagent ratios.

- 11.1.2 Add 5 mL of  $H_2SO_4$  (Section 7.4) and 2.5 mL of  $HNQ$  (Section 7.3) to the container.
- 11.1.3 To each container add 15 mL  $KMnO_4$  solution (Section 7.7). For sewage or industry wastewaters, additional  $KMnO_4$  may be required. Shake and add additional portions of  $KMnO_4$  solution, if necessary, until the purple color persists for at least 15 minutes. Add 8 mL of  $K_2S_2O_8$  solution (Section 7.8) to each container. Mix thoroughly, cap and cover the top of the sample container (if required) with aluminum foil or other appropriate cover. Heat for two hours in a water bath at 95°C.
- 11.1.4 Remove the sample containers from the water bath and cool to room temperature. (During the cool down period proceed with instrument warm up and calibration.)

245.1-13



11.1.5 When the samples are at room temperature, to each container, add 6 mL of  $\text{NaCl}-(\text{NH}_2\text{OH}) \cdot \text{H}_2\text{SO}_4$  solution (Section 7.9) to reduce the excess permanganate.

## 11.2 Sample Analysis

11.2.1 Before beginning daily calibration the instrument should be reconfigured to the optimized conditions. Turn on the instrument and circulating pump. Adjust pump rate to 1 L/min. or as required. Allow system to stabilize.

11.2.2 Prepare calibration standards by transferring 0.5, 1.0, 2.0, 5.0, and 10 mL aliquots of the 0.1  $\mu\text{g}/\text{mL}$  CAL (Section 7.6) to a series of sample containers (Section 6.5.2). Dilute the standard aliquots to 100 mL with reagent water (Section 7.2) and process as described in Sections 11.1.2, 11.1.3 (without heating), and 11.1.5. These solutions contain 0.05-1.0  $\mu\text{g}$  of Hg. (Other appropriate calibration standards, volumes, and ranges may also be used.)

11.2.3 Treating each standard solution container individually, add 5 mL of  $\text{SnCl}_2$  solution (Section 7.10) and immediately attach the container to the aeration apparatus. The absorbance, as exhibited either on the instrument or recording device, will increase and reach maximum within 30 sec. As soon as the maximum response is obtained, approximately one minute, open the bypass valve (or optionally remove aspirator from the sample container if it is vented under the hood) and continue aeration until the absorbance returns to its minimum value.

11.2.4 Close the by-pass valve, remove the aspirator from the standard solution container and continue aeration. Repeat (Section 11.2.3) until data from all standards have been collected.

11.2.5 Construct a standard curve by plotting peak height, area or maximum response obtained from each standard solution, versus micrograms of mercury in the container. The standard curve must comply with Section 9.2.2. Calibration using computer or calculator based regression curve fitting techniques on concentration/response data is acceptable.

11.2.6 Following calibration the digested samples are analyzed in the same manner as the standard solutions described in Section 11.2.3. However, prior to the addition of the  $\text{SnCl}_2$  solution, place the aspirator inside the container above the liquid, and purge the head space (20-30 seconds) to remove possible gaseous interference.

11.2.7 During the analysis of samples, the laboratory must comply with the required quality control described in Sections 9.3 and 9.4.

## 12.0 DATA ANALYSIS AND CALCULATIONS

245.1-14

- 12.1 From the prepared calibration curve (Section 11.2.4) compute sample values by comparing response with the standard curve.
- 12.2 Calculate the mercury concentration in the sample by the formula:

$$\mu\text{g Hg/L} = \left( \frac{\mu\text{g Hg in aliquot}}{\text{mL of aliquot}} \right) \left( \frac{1,000}{\text{mL of aliquot}} \right)$$

- 12.3 Report mercury concentrations to the proper significant figures in mg/L,  $\mu\text{g/L}$  or ng/L as required.

### 13.0 METHOD PERFORMANCE

- 13.1 In a single laboratory (EMSL), using an Ohio River composite sample with a background mercury concentration of  $0.35 \mu\text{g/L Hg}$  and fortified with concentration of 1.0, 3.0, and  $4.0 \mu\text{g/L Hg}$ , the standard deviations were  $\pm 0.14$ ,  $\pm 0.10$ , and  $\pm 0.08 \mu\text{g/L Hg}$ , respectively. Standard deviation at the  $0.35 \mu\text{g/L Hg}$  level was  $\pm 0.16 \mu\text{g/L Hg}$ . Percent recoveries at the three levels were 89%, 87%, and 87%, respectively.
- 13.2 In a joint EPA/ASTM interlaboratory study of the cold vapor technique for total mercury in water, increments of organic and inorganic mercury were added to natural waters. Recoveries were determined by difference. A statistical summary of this study is found in Table 1.

### 14.0 POLLUTION PREVENTION

- 14.1 Pollution prevention encompasses any technique that reduces or eliminates the quantity or toxicity of waste at the point of generation. Numerous opportunities for pollution prevention exist in laboratory operation. The EPA has established a preferred hierarchy of environmental management techniques that places pollution prevention as the management option of first choice. Whenever feasible, laboratory personnel should use pollution prevention techniques to address their waste generation. When wastes cannot be feasibly reduced at the source, the Agency recommends recycling as the next best option.
- 14.2 For information about pollution prevention that may be applicable to laboratories and research institutions, consult "Less is Better: Laboratory Chemical Management for Waste Reduction, available from the American Chemical Society's Department of Government Relations and Science Policy", 1155 16th Street N.W., Washington D.C. 20036, (202)872-4477.

### 15.0 WASTE MANAGEMENT

- 15.1 The Environmental Protection Agency requires that laboratory waste management practices be conducted consistent with all applicable rule and regulations. The Agency urges laboratories to protect the air, water, and land by minimizing and



controlling all releases from hoods and bench operations, complying with the letter and spirit of any sewer discharge permits and regulations, and by complying with all solid and hazardous waste regulations, particularly the hazardous waste identification rules and land disposal restrictions. For further information on waste management consult "The Waste Management Manual for Laboratory Personnel", available from the American Chemical Society at the address listed in the Section 14.2.

## 16.0 REFERENCES

1. Kopp, J.F., Longbottom, M.C., and Lobring, L.B., "'Cold Vapor' Method for Determining Mercury"; I. Am. Water Works Assoc., Vol. 64, No. 1, January 1972.
2. "Safety in Academic Chemistry Laboratories", American Chemical Society Publication, Committee on Chemical Safety, 3rd Edition, 1979.
3. "OSHA Safety and Health Standards, General Industry", (29CFR 1910), Occupational Safety and Health Administration, OSHA 2206, revised January 1976.
4. "Proposed OSHA Safety and Health Standards, Laboratories", Occupational Safety and Health Administration, Federal Register, July 24, 1986.
5. "Specification for Reagent Water", D1193, Annual Book of ASTM Standards, Vol. 11.01, 1990.
6. Code of Federal Regulations 40, Ch. 1, Pt. 136 Appendix B.

17.0 TABLES, DIAGRAMS, FLOWCHARTS, AND VALIDATION DATA

TABLE I. INTERLABORATORY PRECISION AND ACCURACY DATA FOR FLAMELESS ATOMIC ABSORPTION

Number of Labs	True Values $\mu\text{g/L}$	Mean Value $\mu\text{g/L}$	Standard Deviation $\mu\text{g/L}$	RSD %	Mean Accuracy as % Bias
76	0.21	0.349	0.276	89	66
80	0.27	0.414	0.279	67	53
82	0.51	0.674	0.541	80	32
77	0.60	0.709	0.390	55	18
82	3.4	3.41	1.49	44	0.34
79	4.1	3.81	1.12	29	-7.1
79	8.8	8.77	3.69	42	-0.4
78	9.6	9.10	3.57	39	-5.2

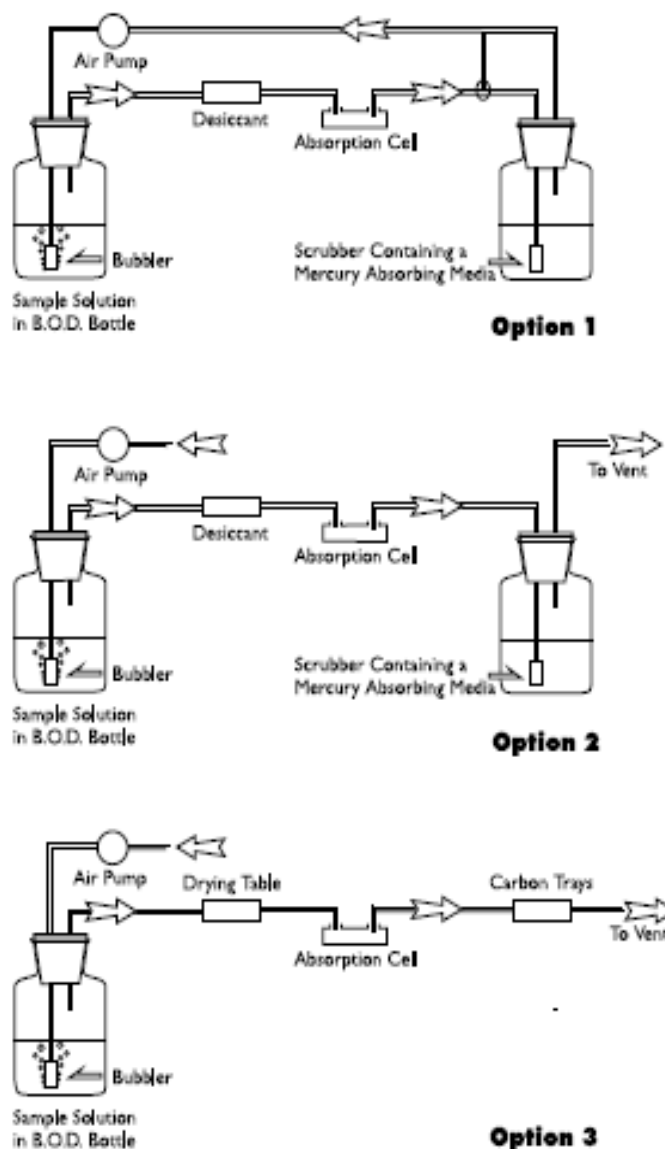


Figure 1. Apparatus for Flameless Mercury Determination

Because of the toxic nature of mercury vapor, inhalation must be avoided. Therefore, a bypass has been included in the system to either vent the mercury vapor into an exhaust hood or pass the vapor through some absorbing media, such as:

- a) equal volumes of 0.1 N  $\text{KMnO}_4$  and 10%  $\text{H}_2\text{SO}_4$
- b) 0.25% iodine in a 3% KI solution.

A specially treated charcoal that will absorb mercury vapor is also available from Barnebey and Cheney, P.O. Box 2526, Columbus, OH 43216, Catalog No. 580-13 or 580-22.

METHOD #: 239.2	Approved for NPDES and SDWA (Issued 1978)
TITLE:	Lead (AA, Furnace Technique)
ANALYTE:	CAS # Pb Lead 7439-92-1
INSTRUMENTATION:	AA
STORET No.	Total 01051 Dissolved 01049 Suspended 01050
Optimum Concentration Range:	5-100 $\mu\text{g/L}$
Detection Limit:	1 $\mu\text{g/L}$

#### 1.0 Preparation of Standard Solution

- 1.1 Stock solution: Prepare as described under "direct aspiration method".
- 1.2 Lanthanum Nitrate Solution: Dissolve 58.64 g of ACS reagent grade  $\text{La}_2\text{O}_3$  in 100 mL conc.  $\text{HNO}_3$  and dilute to 1000 mL with deionized distilled water. 1 mL = 50 mg La.
- 1.3 Working Lead Solution: Prepare dilutions of the stock lead solution to be used as calibration standards at the time of analysis. Each calibration standard should contain 0.5% (v/v)  $\text{HNO}_3$ . To each 100 mL of diluted standard add 10 mL of the lanthanum nitrate solution.

#### 2.0 Sample Preservation

- 1 For sample handling and preservation, see part 4.1 of the Atomic Absorption Methods section of this manual.

#### 3.0 Sample Preparation

- 3.1 Prepare as described under "direct aspiration method". Sample solutions for analysis should contain 0.5% (v/v)  $\text{HNO}_3$ .
- 3.2 To each 100 mL of prepared sample solution add 10 mL of the lanthanum nitrate solution.

#### 4.0 Instrument Parameters (General)

- 4.1 Drying Time and Temp: 30 sec-125°C.
- 4.2 Ashing Time and Temp: 30 sec-500°C.
- 4.3 Atomizing Time and Temp: 10 sec-2700°C.
- 4.4 Purge Gas Atmosphere: Argon
- 4.5 Wavelength: 283.3 nm
- 4.6 Other operating parameters should be set as specified by the particular instrument manufacturer.

## 5.0 Analysis Procedure

- 5.1 For the analysis procedure in the calculation see "Furnace Procedure", part 9.3 of the Atomic Absorption Methods section of this manual.

## 6.0 Notes

- 6.1 The above concentration values and instrument conditions are for a Perkin-Elmer HGA- 2100, based on the use of a 20  $\mu$ L injection, continuous flow purge gas and non-pyrolytic graphite. Smaller size furnace devices or those employing faster rates of atomization can be operated using lower atomization temperatures for shorter time periods than the above recommended settings.
- 6.2 The use of background correction is recommended.
- 6.3 Greater sensitivity can be achieved using the 217.0 nm line, but the optimum concentration range is reduced. The use of a lead electrodeless discharge lamp at this lower wavelength has been found to be advantageous. Also a lower atomization temperature (2400°C) may be preferred.
- 6.4 To suppress sulfate interference (up to 1500 ppm) lanthanum is added as the nitrate to both samples and calibration standards. (Atomic Absorption Newsletter Vol. 15, No. 3, p 71, May-June 1976.)
- 6.5 Since glassware contamination is a severe problem in lead analysis, all glassware should be cleaned immediately prior to use, and once cleaned, should not be open to the atmosphere except when necessary.
- 6.6 For every sample matrix analyzed, verification is necessary to determine that method of standard addition is not required (see part 5.2.1 of the Atomic Absorption Methods section of this manual).
- 6.7 For quality control requirements and optional recommendations for use in drinking water analyses, see part 10 of the Atomic Absorption Methods section of this manual.
- 6.8 If method of standard addition is required, follow the procedure given earlier in part 8.5 of the Atomic Absorption Methods section of this manual.
- 6.9 Data to be entered into STORET must be reported as  $\mu$ g/L.

## 7.0 Precision and Accuracy

- 7.1 In a single laboratory (EMSL), using Cincinnati, Ohio tap water spiked at concentrations of 25, 50, and 100  $\mu$ g Pb/L, the standard deviations were  $\pm$  1.3,  $\pm$  1.6, and  $\pm$  3.7, respectively. Recoveries at these levels were 885%, 92%, and 95% respectively.



Anexo 4: Mapas



Figura 7. Mapa 1

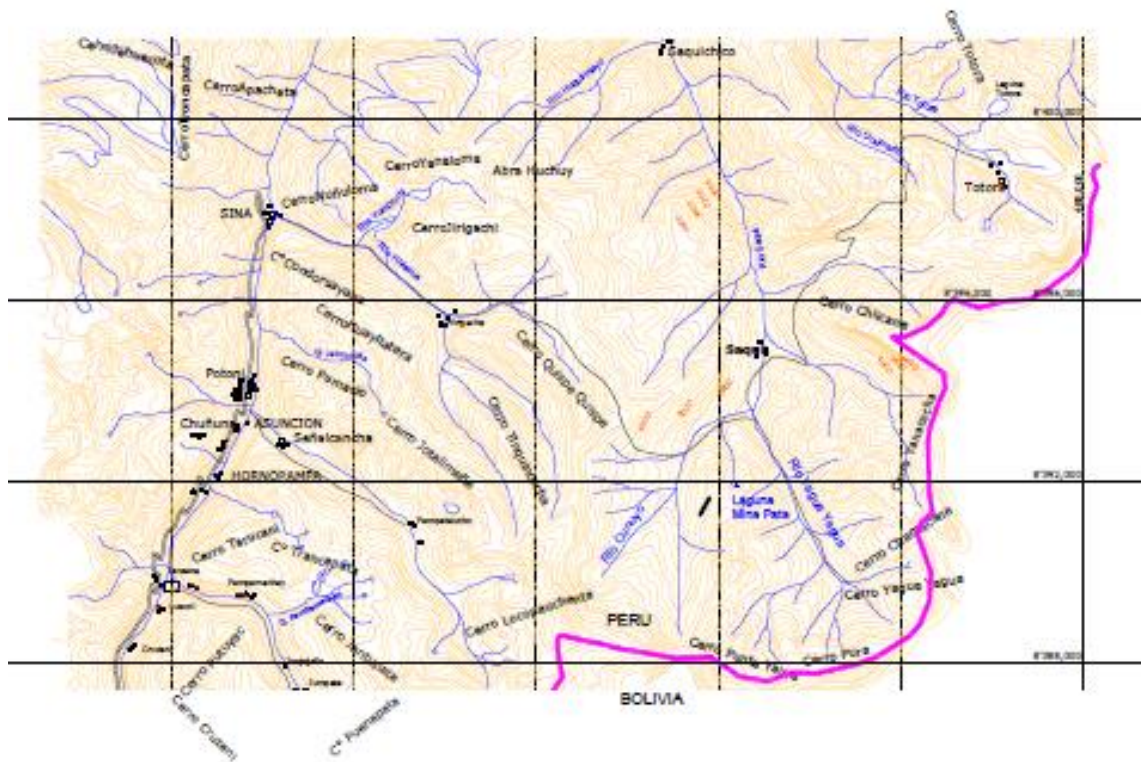


Figura 8. Mapa 2



Anexo 5: Informe de ensayos

Universidad Mayor de San Andrés  
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales  
 Instituto de Ecología  
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 109/15

Página 1 de 4

**INFORME DE ENSAYO DE AGUAS A109/15**

Cliente: UNA - PUNO  
 Solicitante: Ing Jorge Anshuanca Cartagena  
 Dirección del cliente: Uno - Puno  
 Procedencia de la muestra: Sina  
 Departamento: Puno - Perú  
 Punto de muestreo: No especificado por el solicitante  
 Responsable del muestreo: No especificado por el solicitante  
 Fecha de muestreo: 22 de marzo de 2015  
 Hora de muestreo: 10:00  
 Fecha de recepción de la muestra: 29 de marzo de 2015  
 Fecha de ejecución del ensayo: Del 01 al 17 de abril, 2015  
 Caracterización de la muestra: Agua  
 Tipo de muestra: Simple  
 Envase: Botella plástica  
 Código LCA: 109 - 1  
 Código original: M - 1

**Resultado de Análisis**

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	M - 1 109 - 1
Mercurio	EPA 245.1	mg/l	0,00020	< 0,0021
Plomo	EPA 239.2	mg/l	0,0050	0,215

SM = Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater)  
 EPA= Environmental Protection Agency ( Sampling and Analysis Methods)

Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.  
 La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, 22 de Abril de 2015



Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522  
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia



Universidad Mayor de San Andrés  
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales  
 Instituto de Ecología  
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 109/15

Página 2 de 4

**INFORME DE ENSAYO DE AGUAS A109/15**

Cliente: UNA - PUNO  
 Solicitante: Ing Jorge Arshuanca Cartagena  
 Dirección del cliente: Una - Puno  
 Procedencia de la muestra: Sisa  
 Departamento: Puno - Perú  
 Punto de muestreo: No especificado por el solicitante  
 Responsable del muestreo: No especificado por el solicitante  
 Fecha de muestreo: 22 de marzo de 2015  
 Hora de muestreo: 10:00  
 Fecha de recepción de la muestra: 29 de marzo de 2015  
 Fecha de ejecución del ensayo: Del 01 al 17 de abril, 2015  
 Caracterización de la muestra: Agua  
 Tipo de muestra: Simple  
 Envase: Botella plástica  
 Código LCA: 109 - 2  
 Código original : M - 2

**Resultado de Análisis**

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	M - 2 109 - 2
Mercurio	EPA 245.1	mg/l	0,00020	< 0,0159
Piomo	EPA 239.2	mg/l	0,0050	0,019

SM = Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater)  
 EPA= Environmental Protection Agency ( Sampling and Analysis Methods)

Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.  
 La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, 22 de Abril de 2015



Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522  
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

Universidad Mayor de San Andrés  
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales  
 Instituto de Ecología  
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 109/15

Página 3 de 4

**INFORME DE ENSAYO DE AGUAS A109/15**

Cliente: UNA - PUNO  
 Solicitante: Ing. Jorge Arduinca Cartagena  
 Dirección del cliente: Una - Puno  
 Procedencia de la muestra: Sina  
 Departamento: Puno - Perú  
 Punto de muestreo: No especificado por el solicitante  
 Responsable del muestreo: No especificado por el solicitante  
 Fecha de muestreo: 22 de marzo de 2015  
 Hora de muestreo: 10:00  
 Fecha de recepción de la muestra: 29 de marzo de 2015  
 Fecha de ejecución del ensayo: Del 01 al 17 de abril, 2015  
 Caracterización de la muestra: Agua  
 Tipo de muestra: Simple  
 Envase: Botella plástica  
 Código LCA: 109 - 3  
 Código original: M - 3

**Resultado de Análisis**

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	M - 3 109 - 3
Mercurio	EPA 245.1	mg/l	0,00020	< 0,0155
Plomo	EPA 239.2	mg/l	0,0060	0,031

SM = Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater)  
 EPA = Environmental Protection Agency ( Sampling and Analysis Methods)

Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.  
 La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, 22 de Abril de 2015



Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522  
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

Universidad Mayor de San Andrés  
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales  
 Instituto de Ecología  
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 109/15

Página 4 de 4

**INFORME DE ENSAYO DE AGUAS A109/15**

Cliente: UNA - PUNO  
 Solicitante: Ing Jorge Aruahuaca Cartagena  
 Dirección del cliente: Una - Puno  
 Procedencia de la muestra: Sina  
 Departamento: Puno - Perú  
 Punto de muestreo: No especificado por el solicitante  
 Responsable del muestreo: No especificado por el solicitante  
 Fecha de muestreo: 22 de marzo de 2015  
 Hora de muestreo: 10:00  
 Fecha de recepción de la muestra: 29 de marzo de 2015  
 Fecha de ejecución del ensayo: Del 01 al 17 de abril, 2015  
 Caracterización de la muestra: Agua  
 Tipo de muestra: Simple  
 Envase: Botella plástica  
 Código LCA: 109 - 4  
 Código original: M - 4

**Resultado de Análisis**

Parámetro	Método	Unidad	Limite de determinación	M - 4 109 - 4
Mercurio	EPA 245.1	mg/l	0,00020	< 0,0020
Plomo	EPA 238.2	mg/l	0,0050	0,020

SM = Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater)  
 EPA= Environmental Protection Agency ( Sampling and Analysis Methods)

Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.  
 La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, 22 de Abril de 2015



Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522  
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia



Universidad Mayor de San Andrés  
Facultad de Ciencias Puras y Naturales  
Instituto de Ecología  
Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: S 88/15

Página 1 de 4

### INFORME DE ENSAYO EN SEDIMENTOS S88/15

Cliente:	UNA - PUNO
Solicitante:	Ing Jorge Arribasaca Cortogosa
Dirección del cliente:	Una - Puno
Procedencia de la muestra:	Sira
	Departamento: Puno - Perú
Punto de muestreo:	No especificado por el solicitante
Responsable del muestreo:	No especificado por el solicitante
Fecha de muestreo:	22 de Marzo de 2015
Hora de muestreo:	10:00
Fecha de recepción de la muestra:	29 de Marzo de 2015
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 01 al 17 de Abril, 2015
Caracterización de la muestra:	Sedimento
Tipo de muestra:	Simple
Envase:	Bolsa plástica
Código LCA:	88 - 1
Código original:	M-1

### Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	M-1 88 - 1
Mercurio total	Microwave Reaction System/EPA 245.5	mg/kg	0,20	0,72
Plomo total	Microwave Reaction System/EPA 238.2	mg/kg	0,25	25

\* Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.

\* La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, 22 de Abril de 2015



Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522  
Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

Universidad Mayor de San Andrés  
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales  
 Instituto de Ecología  
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: S 88/15

Página 2 de 4

**INFORME DE ENSAYO EN SEDIMENTOS S88/15**

Cliente: UNA - PUNO  
 Solicitante: Ing Jorge Aruñanca Cartagena  
 Dirección del cliente: Uru - Puno  
 Procedencia de la muestra: Sina  
 Departamento: Puno - Pori  
 Punto de muestreo: No especificado por el solicitante  
 Responsable del muestreo: No especificado por el solicitante  
 Fecha de muestreo: 22 de Marzo de 2015  
 Hora de muestreo: 10:00  
 Fecha de recepción de la muestra: 29 de Marzo de 2015  
 Fecha de ejecución del ensayo: Del 01 al 17 de Abril, 2015  
 Caracterización de la muestra: Sedimento  
 Tipo de muestra: Simple  
 Envase: Bolsa plástica  
 Código LCA: 88 - 2  
 Código original: M-2

**Resultado de Análisis**

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	M-2 88 - 2
Mercurio total	Microwave Reaction System/EPA 245.5	mg/kg	0.20	0.51
Piomo total	Microwave Reaction System/EPA 238.2	mg/kg	0.25	26

\* Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.  
 \* La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, 22 de Abril de 2015



Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522  
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

Universidad Mayor de San Andrés  
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales  
 Instituto de Ecología  
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: S 88/15

Página 3 de 4

### INFORME DE ENSAYO EN SEDIMENTOS S88/15

Cliente: UNA - PUNO  
 Solicitante: Ing Jorge Aruabanca Cortagosa  
 Dirección del cliente: Una - Puno  
 Procedencia de la muestra: Sino  
 Departamento: Puno - Perú  
 Punto de muestreo: No especificado por el solicitante  
 Responsable del muestreo: No especificado por el solicitante  
 Fecha de muestreo: 22 de Marzo de 2015  
 Hora de muestreo: 10:00  
 Fecha de recepción de la muestra: 29 de Marzo de 2015  
 Fecha de ejecución del ensayo: Del 01 al 17 de Abril, 2015  
 Caracterización de la muestra: Sedimento  
 Tipo de muestra: Simple  
 Envase: Bolsa plástica  
 Código LCA: 88 - 3  
 Código original: M-3

### Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	M-3 88 - 3
Mercurio total	Microwave Reaction System/EPA 245.5	mg/kg	0,20	0,29
Plomo total	Microwave Reaction System/EPA 216.2	mg/kg	0,25	19

\* Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.  
 \* La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, 22 de Abril de 2015



Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522  
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

Universidad Mayor de San Andrés  
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales  
 Instituto de Ecología  
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: S 88/15

Página 4 de 4

**INFORME DE ENSAYO EN SEDIMENTOS S88/15**

Cliente: UNA - PUNO  
 Solicitante: Ing Jorge Aramburca Cartagena  
 Dirección del cliente: Una - Puno  
 Procedencia de la muestra: Saa  
 Departamento: Puno - Perú  
 Punto de muestreo: No especificado por el solicitante  
 Responsable del muestreo: No especificado por el solicitante  
 Fecha de muestreo: 22 de Marzo de 2015  
 Hora de muestreo: 10:00  
 Fecha de recepción de la muestra: 29 de Marzo de 2015  
 Fecha de ejecución del ensayo: Del 08 al 17 de Abril, 2015  
 Caracterización de la muestra: Sedimento  
 Tipo de muestra: Simple  
 Envase: Bolsa plástica  
 Código LCA: B8 - 4  
 Código original: M-4

**Resultado de Análisis**

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	M-4 B8 - 4
Mercurio total	Microwave Reaction System/EPA 245.5	mg/kg	0,20	0,55
Piomo total	Microwave Reaction System/EPA 238.2	mg/kg	0,25	19

\* Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.  
 \* La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, 22 de Abril de 2015



Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522  
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia