



**UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TESIS**

**Contaminación del agua del Río Marañón por  
vertido de metales traza de relaves del pasivo  
ambiental de la Compañía Minera Poderosa**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:**

Bach. Edica Yoci Pinedo Rodríguez

**ASESOR:**

Ing. Alois Silva Ugaz

**TRUJILLO - PERÚ**

**2017**

## DEDICATORIA

### **A DIOS;**

*Por ser el guía interior que ilumina mi camino, dándome fuerzas para seguir adelante y no desmayar ante las adversidades; encarando con valentía, dignidad y honradez el futuro que los seres humanos deseamos para elevar nuestra calidad de vida.*

### **A mis padres;**

*Por todo lo que me han dado en la vida, por velar por mi bienestar y desarrollo personal; que con su permanente preocupación y sabios consejos me dan la confianza y seguridad de seguir adelante.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Es oportuno agradecer a todos mis docentes, por sus enseñanzas y entregarnos sus conocimientos y experiencias que han enriquecido día a día nuestra formación profesional permitiendo tomar conciencia de la realidad que atraviesa actualmente nuestra biosfera y así proponer soluciones que permitan aliviar la insostenibilidad de nuestras acciones.

También quiero expresar mi agradecimiento a todos mis familiares, amigos y compañeros que de una u otra forma han contribuido a la realización del presente trabajo de investigación.

## TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTOS	3
TABLA DE CONTENIDOS	4
ÍNDICE DE GRÁFICOS	7
ÍNDICE DE TABLAS	8
RESUMEN	9
ABSTRACT	11
INTRODUCCIÓN	13
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO</b>	
1.1 Descripción de la Realidad Problemática.	15
1.2 Delimitaciones y Definición del Problema.	16
1.2.1. Delimitaciones.	16
1.2.2. Definición del Problema.	17
1.3 Formulación del Problema.	18
1.4 Objetivo de la Investigación.	18
1.4.1. Objetivo General.	18
1.4.2. Objetivos Específicos.	18
1.5 Hipótesis de la investigación.	19
1.6 Variables e Indicadores.	19
1.6.1. Variable Independiente.	19
1.6.2. Variable Dependiente.	20
1.7 Viabilidad de la investigación.	21

1.7.1. Viabilidad Técnica.	21
1.7.2. Viabilidad Operativa.	21
1.7.3. Viabilidad Económica.	22
1.8 Justificación e Importancia de la Investigación.	22
1.8.1. Justificación.	22
1.8.2. Importancia.	23
1.9 Limitaciones de la Investigación.	24
1.10 Tipo y Nivel de la Investigación.	24
1.10.1. Tipo de Investigación.	24
1.10.2. Nivel de Investigación.	24
1.11 Método y Diseño de la investigación.	25
1.11.1. Método de Investigación.	25
1.11.2. Diseño de Investigación.	25
1.12 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información.	25
1.12.1. Técnicas.	25
1.12.2. Instrumentos.	26
1.13 Cobertura de Estudio.	26
1.13.1. Universo.	26
1.13.2. Muestra.	26

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

2.1 Antecedentes de la Investigación.	28
2.2 Marco Conceptual.	30
2.2.1. Contaminación del Agua.	30

2.2.2. Clasificación de la Contaminación.	31
2.2.3 Tipo de Contaminantes	32
2.2.4. Contaminación por metales traza o metales pesados	34
2.2.5 Calidad del Agua	40
2.2.6 Marco Normativo de la calidad del agua	53
<b>CAPÍTULO III: CONSTRUCCIÓN DEL MODELO</b>	
3.1. Generalidades.	55
3.1.1. Marco Normativo vinculado al agua tipo IV	55
3.2. Estudio de Factibilidad.	55
3.2.1. Factibilidad Técnica.	55
3.2.2. Factibilidad Operativa.	55
3.2.3. Factibilidad Económica.	55
3.3. Diseño de la Herramienta.	56
<b>CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS</b>	
4.1. Análisis de Resultados.	57
4.1.1. Resultados de la medición de las aguas del Rio Marañón.	57
<b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
5.1. Conclusiones.	65
5.2. Recomendaciones.	66
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	67
<b>ANEXOS</b>	69
<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS</b>	72

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 01.	Resultados de los Análisis de Laboratorio de Arsénico	58
	Total	
Gráfico 02.	Resultados de los Análisis de Laboratorio de Arsénico	59
	Total	
Gráfico 03.	Resultados de los Análisis de Laboratorio de Arsénico	60
	Total	
Gráfico 04.	Resultados de los Análisis de Laboratorio de Arsénico	61
	Total	
Gráfico 05.	Resultados de los Análisis de Laboratorio de Arsénico	62
	Total	
Gráfico 06.	Resultados de los Análisis de Laboratorio de Arsénico	63
	Total	
Gráfico 07.	Resultados de los Análisis de Laboratorio de Arsénico	64
	Total	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla N° 01: Descripción y ubicación de puntos de monitoreo.</b>	<b>27</b>
<b>Tabla N° 02: LMP de Parámetros, según D.S. N° 010-2010.</b>	<b>53</b>
<b>Tabla N° 03: ECA de Parámetros, según D.S. N° 02-2008.</b>	<b>54</b>
<b>Tabla N° 04: Resultados de los análisis de laboratorio de los Metales traza de los puntos de muestreo de los Relaves de La Compañía Minera Poderosa SA.</b>	<b>57</b>

## RESUMEN

El presente tesis tuvo el objetivo de determinar el grado de contaminación del agua en el río Marañón causado por el vertido de metales traza de los relaves del pasivo ambiental de la Compañía Minera Poderosa. La investigación de la calidad del agua se desarrolló en una serie de tiempos, tomando como patrones de análisis a los iones metálicos; a los cuales se les realizó un análisis comparativo con las normativas legales ambientales nacionales como son los Estándares Nacionales de Calidad del Agua (ECAS) para la Categoría IV aprobados mediante Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, siendo estos el referente legal ambiental decisivo para el análisis de la calidad del agua del año 2017, ya que constituyen los valores óptimos que aseguran la calidad de los recursos hídricos superficiales del país.

Para el muestreo de aguas y suelos se seguirá los métodos y técnicas propuestas por Aquino et al. (1989) para el agua se tomarán tres muestras por estación durante las dos épocas: lluvia y estiaje, en frascos blancos estériles de polietileno de 1L de capacidad, las que fueron refrigeradas para su transporte al laboratorio. Los análisis químicos se realizaron en el Laboratorio de Investigación y Desarrollo de la Escuela de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería Química en la Universidad Nacional de Trujillo. Se determinarán la concentración de: As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg y Zn, siguiendo la metodología de espectrofotometría de absorción atómica (Horwitz, 1984 y Cano et al., 1984). Usando ICP masas

La toma de muestra se ubicará, específicamente en 3 puntos estratégicos: Primer punto en la descarga del relave. Segundo punto: 100 metros aguas arriba Pasivo Ambiental, que no tiene influencia con la actividad minera. Tercer punto: 100 metros aguas abajo del Pasivo Ambiental.

Los resultados de los puntos fueron comparados con la Normatividad Ambiental vigente y se evaluó la influencia que tienen los relaves de la minera y su impacto en la contaminación del río Marañón.

## **ABSTRACT**

The present thesis had the objective of determining the degree of contamination of the water in the Marañón river caused by the spillage of trace metals from the tailings of environmental liabilities of Compañía Minera Poderosa. The investigation of the water quality was developed in a series of times, taking as analysis patterns the metallic ions; To which a comparative analysis was carried out with national environmental legal norms such as the National Water Quality Standards (ECAS) for Category IV, approved by Supreme Decree No. 002-2008-MINAM , Being these the legal environmental reference decisive for the analysis of the quality of the water of the year 2017, since they constitute the optimal values that assure the quality of the superficial water resources of the country.

For the sampling of waters and soils will follow the methods and techniques proposed by Aquino et al. (1989) for water will be taken three samples per season during the two seasons: rain and dry, in sterile white polyethylene flasks of 1L capacity, which were refrigerated for transport to the laboratory. The chemical analyzes were carried out in the Research and Development Laboratory of the School of Environmental Engineering of the Faculty of Chemical Engineering at the National University of Trujillo. The concentration of As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg and Zn will be determined following the methodology of atomic absorption spectrophotometry (Horwitz, 1984 and Cano et al., 1984).  
Using ICP masses

The sampling will be located, specifically in 3 strategic points: First point in the discharge of the relave. Second point: 100 meters upstream Environmental Passive, which has no influence with mining activity. Third point: 100 meters downstream of the Environmental Liabilities.

The results of the points were compared with the current Environmental Regulations and the influence of the tailings of the mine and its impact on the contamination of the Marañón river were evaluated.

## INTRODUCCIÓN

Las cuencas del país, en donde la actividad minera por sí misma afecta áreas relativamente pequeñas, pero pueden tener gran impacto local sobre el ambiente, puesto que la liberación de metales de los lugares mineros ocurre, principalmente, a través de drenaje ácido de mina y erosión de desechos en pilas y depósitos de relaves. Cuando estos depósitos contienen sulfuros (pirita) y hay acceso de oxígeno, se obtienen resultados de drenaje ácido de mina (DAM). Dependiendo de la naturaleza de los desechos de rocas y depósitos de relaves, este DAM contendrá elevados niveles de metales pesados.

Como se sabe, muchos pasivos ambientales se generaron en el pasado, puesto que en la época de extracción de minerales, no existían leyes y normas ambientales vigentes que se encargaran de regularlos. Sin embargo, a pesar de ello, en la actualidad, estos pasivos ambientales no son controlados de manera adecuada debido al propio desinterés por parte de organismos reguladores y debido a la falta de conocimiento, experiencia y manejo de tecnologías que hagan reaprovechables dichos pasivos.

Es en ese sentido, que se produce la contaminación del medio físico, tal como: la contaminación del agua y del suelo.

El objetivo principal de esta tesis es la de determinar el grado de contaminación del agua en el río Marañón causado por el vertido de metales traza de los relaves del pasivo ambiental de la mina Poderosa SA. La investigación en la calidad del agua se desarrollará en una serie de tiempo, tomando como

patrones de análisis a los iones metálicos; los cuales se les realizará un análisis comparativo con las normativas legales ambientales tanto nacionales como internaciones tales como la Ley General de Aguas y los Estándares Nacionales de Calidad del Agua (ECAS) para la Categoría IV (Conservación del ambiente acuático), aprobados mediante Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, siendo estos últimos el referente legal ambiental decisivo para el análisis de la calidad del agua del año 2008, ya que constituyen los valores óptimos que aseguran la calidad de los recursos hídricos superficiales del país.

# **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO**

## **1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA**

En los últimos años la puesta en operación de muchos proyectos mineros en el Perú, ha generado que las aguas contaminadas por relaves mineros se incrementen, porque los ríos, lagos, lagunas y el mar son los receptores finales de las evacuaciones residuales provocadas por el hombre (Real Instituto de Tecnología de Suecia, 1973; Southern Perú Cooper Corporation, 1986).

Chiang (1989) afirma que los metales pesados como el Pb, Fe, Cu, Zn, As, Cr, Cd, Mg, y algunos reactivos químicos utilizados en las plantas de tratamiento de minerales, en el corto plazo no se degradan, biológica ni químicamente en la naturaleza; por lo que son considerados tóxicos para la mayor parte de organismos. Campos (1990) sostiene que los compuestos que contienen metales pesados, se pueden alterar, pero los elementos metálicos permanecen en el ambiente, pudiendo ser acumulados como iones o como integrantes de compuestos orgánicos en los organismos por largos períodos de tiempo.

En el Departamento de La Libertad (Perú), muchos investigadores han realizado estudios sobre el impacto de los relaves mineros sobre las aguas, suelos y cultivos. Así, León (1992) evaluó los efectos de los metales pesados sobre la calidad del agua del río Moche. Por otra parte, Sotelo y Palomino (1995), al evaluar el deterioro del ecosistema del río Moche por la actividad minera, determinaron que el metal de mayor acumulación fue el

hierro, el cual alcanzó hasta 720 ppm, afectando la producción de los suelos agrícolas. Asimismo, Cisneros (1996), determinó los niveles de metales pesados en los ríos Pagash y Moche, reportando 113,2 ppm de hierro, el cual es un nivel elevado para agua de riego, ya que supera los límites máximos permisibles.

El área de estudio es una zona donde la actividad minera se ha desarrollado desde hace muchas décadas atrás aproximadamente desde los años 30, época en la cual no se tenían las actuales exigencias de la normativa ambiental legal y por tal motivo tenemos actualmente catalogados en la zona pasivos ambientales mineros entre bocaminas, relaveras e infraestructuras asentados a orillas de las aguas de los ríos, los cuáles son fuentes aportantes de metales traza a las aguas del Río Marañón, debido a que no están siendo manejados ni por la empresa privada ni por el estado.

Ante esta realidad, se hace necesario determinar los niveles de contaminación actual por el vertido del relave minero de la Mina Poderosa SA que afecta la calidad del agua del Río Marañón.

## **1.2 DELIMITACIONES Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1 Delimitaciones**

#### **A. Delimitación espacial**

La presente investigación se desarrollará en el área correspondiente a la minera Marañón localizado en el distrito y provincia de Pataz, departamento de la Libertad, la cual se encuentra a una altitud media que va entre los 1250 y 3000 msnm.

## **B. Delimitación temporal**

El presente estudio estará delimitado por el tiempo; y su duración será de 04 meses desde enero del 2017 hasta abril del año 2017, las pruebas, monitoreos y análisis de la calidad del agua se realizaron entre los meses de febrero y Marzo del año 2017.

## **C. Delimitación social**

El presente proyecto de investigación involucra a los pobladores ubicados dentro del área de influencia directa de la Minera Poderosa SA puesto que se realizó la evaluación de parámetros que son dañinos para la salud de la población y contribuirá a tomar medidas preventivas para disminuir la contaminación del Rio Marañón.

## **D. Delimitación conceptual**

Esta investigación abarca conceptos fundamentales para la satisfacción de necesidades como es mejor tratamiento y reúso de las aguas provenientes de los relaves mineros desde la fuente y los puntos determinados para el muestreo y determinar los grados de contaminación que existe comparándolos con los Estándares de Calidad Ambiental para las aguas y sus diferentes usos como la de tipo 3 para bebida de animales y riego agrícola.

### **1.2.2 Definición del problema**

El estudio permite establecer, entre otros aspectos, la concentración metales traza de los relaves del pasivo ambiental de la mina Poderosa SA y la calidad del agua del río Marañón para lo cual la

información recabada nos dará a conocer el objetivo principal que viene a ser la concentración de metales disueltos y su grado de contaminación del agua en el río Marañón.

La obtención de resultados nos da información como propuesta de control ambiental para mitigar el efluente contaminante, así mismo como fuente de información para el interés de los investigadores. El desarrollo del presente trabajo es importante porque contribuye a contrastar la realidad con otras empresas que tienen el mismo problema con el objetivo de disminuir los impactos ambientales.

### **1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿En qué dimensión la contaminación del agua del Río Marañón causado por el vertido de metales traza de los relaves del pasivo ambiental de la minera Poderosa SA impacta de tal manera que se superan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua?

### **1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.4.1 Objetivo general**

Determinar el grado de contaminación del agua en el Río Marañón causado por el vertido de metales traza de los relaves del pasivo ambiental de la minera Poderosa SA.

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

**OE1.** Determinar los niveles de concentración de metales traza como As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg y Zn presentes en el agua del Río Marañón.

**OE2.** Establecer la influencia de los factores físico - químicos en la calidad del agua del río Marañón.

## **1.5 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

La contaminación del agua del Río Marañón causado por el vertido de metales traza de los relaves del pasivo ambiental de la minera Poderosa SA impacta de tal manera que se superan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua tipo IV.

## **1.6 VARIABLES E INDICADORES**

### **1.6.1 Variable Independiente**

**Metales traza de los relaves del pasivo ambiental.**

#### **a) Definición Operacional**

Los metales traza son un grupo de elementos químicos que presentan una densidad alta. Son en general tóxicos para los seres humanos y entre los más susceptible de presentarse en el agua destacamos el mercurio, Cdl, cobre, plomo y cromo.

Para obtener la concentración de metales traza es necesario muestrear en la fuente del desecho minero donde se origina el DAM, los cuales en conjunto manifestaran su concentración.

#### **b) Indicadores**

- Arsénico Total.
- Cadmio Total.

- Cromo Total.
- Cobre Total.
- Plomo Total
- Mercurio Total.
- Zinc Total.

**c) Índices**

- Arsénico Total. mg/L
- Cadmio Total mg/L
- Cromo Total mg/L
- Cobre Total. mg/L.
- Plomo Total. mg/L.
- Mercurio Total mg/L
- Zinc Total. mg/L

**1.6.2 Variable Dependiente**

**Contaminación del agua del Rio Marañón.**

**a) Definición Operacional**

La contaminación del agua es una modificación de esta, generalmente provocada por el ser humano, que la vuelve impropia o peligrosa para su consumo, industria, agricultura, pesca y actividades recreativas; así como también para los animales

La contaminación del agua se comprueba con los resultados obtenidos del muestreo de aguas y del reporte de los análisis de

laboratorio los cuales sirven para tomar decisiones y compararlos con los LMP Y ECA

**b) Indicadores**

- Arsénico Total.
- Cadmio Total.
- Cromo Total.
- Cobre Total.
- Plomo Total.
- Mercurio Total.
- Zinc Total.

**c) Índices**

- |                  |      |
|------------------|------|
| • Arsénico total | mg/L |
| • Cadmio Total   | mg/L |
| • Cromo Total    | mg/L |
| • Cobre total    | mg/L |
| • Plomo Total    | mg/L |
| • Mercurio Total | mg/L |
| • Zinc total     | mg/L |

**1.7 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN**

**1.7.1 Viabilidad técnica**

El estudio tiene viabilidad técnica en la medida que es posible aplicar las técnicas e instrumentos de recolección de datos para obtener información relevante del estudio, procesarla, analizarla y llegar a formular conclusiones de interés técnico-científico.

### **1.7.2 Viabilidad operativa**

El proyecto es viable operativamente puesto que es posible desarrollar operacionalmente dentro de los procesos propios del estudio del proyecto que se está llevando a cabo. Dada la naturaleza experimental del proyecto, este es completamente viable

### **1.7.3 Viabilidad económica**

El proyecto es viable en la medida que los costos que ocasione la ejecución del proyecto serán autofinanciados por el autor, dadas las razones académicas, es posible poner en práctica el proyecto con un bajo costo pues se tratara de realizar muestreos por propia iniciativa y se realizaran los análisis en los laboratorios de la Universidad Nacional de Trujillo.

## **1.8 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.8.1 Justificación**

- **Justificación teórica:**

El presente proyecto de investigación se justifica teóricamente; puesto que fue posible obtener información sobre la determinación de metales traza además de contar con la normatividad correspondiente para calidad de las aguas en nuestro país y se pudo analizar y evaluar los grados de contaminación

- **Justificación metodológica**

El proyecto se justifica por el uso de la metodología de la investigación científica, por lo tanto, se cumplió con los procesos establecidos como la formulación del problema hasta las conclusiones o recomendaciones.

- **Justificación práctica:**

Los resultados sirven de información como propuesta de control ambiental para mitigar el efluente contaminante si lo hubiera, así mismo como fuente de información para el interés de los investigadores.

- **Justificación social:**

El estudio permite mejorar las relaciones sociales, académicas y económicas de la Minera Poderosa SA con la comunidad, y de la sociedad en su conjunto.

- **Justificación Ambiental:**

El presente trabajo de investigación permitió conocer el grado de contaminación por los relaves del pasivo ambiental de la minera Poderosa y servirá para tomar medidas de prevención para la reducción de la concentración de los contaminantes traza presentes en las aguas ubicadas dentro del área de influencia de la minera.

### **1.8.2 Importancia**

El presente trabajo de investigación es de gran importancia para la sociedad porque mediante los resultados encontrados permite evaluar el grado de contaminación de las aguas del Rio Marañón

como consecuencia de la descarga de los relaves de los pasivos ambientales de la Minera Poderosa SA realizando comparaciones con la Normativa legal existente y evaluar si cumple con los estándares establecidos y con ello tomar las medidas y decisiones pertinentes para el correcto manejo del tratamiento de los metales traza presente en estos relaves.

## **1.9 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

Las posibles limitaciones que se pueda presentar pueden ser las siguientes:

- a) Dificultad en la disponibilidad de laboratorio, reactivos y equipos de medición.
- b) Dificultad para realizar los muestreos dado que solo se permite al personal autorizado de la mina.
- c) Dificultad en el tiempo de obtención de datos.

## **1.10 TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.10.1 Tipo de investigación**

Es aplicada, este tipo de investigación también recibe el nombre de “investigación práctica o empírica”, que se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación. El uso del conocimiento y los resultados de investigación que da como

resultado una forma rigurosa, organizada y sistemática de conocer la realidad. (Murillo 2008).

### **1.10.2 Nivel de investigación**

Por la naturaleza del estudio, corresponde al nivel Experimental – de acuerdo al grado de profundidad con el que se va a realizar la investigación (Sampieri, Fernández, Baptista, 2010).

## **1.11 MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.11.1 Método de la investigación**

Se aplicó el método Inductivo – deductivo, analítico - sistemático; considerando la naturaleza del trabajo de investigación. Es más, para el recojo, procesamiento y análisis e interpretación se aplicará las herramientas y técnicas de la Estadística descriptiva e Inferencial.

### **1.11.2 Diseño de la investigación**

El diseño empleado en la investigación es pre experimental, donde no se realizará la manipulación deliberada de variables, en los que solo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos y los datos serán recolectados en un tiempo único (Sampieri, Fernández, Baptista, 2014).

El esquema es el siguiente:

Se recolectan datos y se describe categoría, concepto y variable ( $X_1$ )

Se recolectan datos y se describe categoría, concepto y variable

( $X_2$ )

## **1.12 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información**

### **1.12.1 Técnicas**

El muestreo se realizó en los puntos establecidos en el Rio Marañón, y los parámetros de análisis seleccionados serán los siguientes: las concentraciones de algunos metales, tales como Cianuro, Arsénico, Cobre, Plomo, Zinc y pH del agua.

Las muestras de agua se colocaron en unas botellas plásticas previamente esterilizadas y etiquetadas acondicionado en un freezer las que inmediatamente fueron enviadas al Laboratorio para el análisis respectivo con el equipo de ICP masas del laboratorio de la Universidad Nacional de Trujillo.

### **1.12.2 Instrumentos**

- Libreta de campo.
- pH-metro.
- Cámara fotográfica.
- Recipientes para tomar muestras de agua (botellas de plástico de 1 litro).
- Ficha de registro.
- Freezer.
- Fotografías.

## **1.13 COBERTURA DE ESTUDIO**

### **1.13.1 Universo**

El universo está constituido por todas las aguas que fluyen por el Río Marañón.

### 1.13.2 Muestra

Muestra en un sector del río Marañón (Tramo del lugar donde estaban los campamentos hasta 100 metros aguas abajo de la unión del relave pasivo ambiental de la Mina Poderosa SA y el cuerpo receptor del río Marañón).

**Muestreo:** Para el estudio se establecieron 3 puntos de muestreo ubicados en zonas puntuales, debido a la influencia de la actividad y el entorno presente.

**Tabla N° 01: Descripción y ubicación de puntos de monitoreo.**

Código	Descripción de puntos
M – 1	Descarga del relave en el río.
M – 2	100 m aguas arriba del relave pasivo ambiental.
M – 3	100 m aguas abajo del relave pasivo ambiental.

**Fuente:** Elaboración propia.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Al efectuar un estudio limnológico del lago Chinchaycocha con fines energéticos, se determinó que el agua estaba contaminada en la zona de contacto con el río San Juan; pero no se efectuó estudios de sedimentos y de análisis de la concentración de metales. Según el Convenio **ELECTRO CENTRO - MIPE (1986)**, determinaron que las cargas estacionales de metales particulados y disueltos en la temporada de lluvia en el río San Juan, son las responsables de la degradación periódica de la calidad del agua de la cuenca principal, así como de la acumulación de sedimentos con gran concentración de metales pesados. Recomendaron desarrollar estudios de cuantificación de tipos, cantidades, fuentes, y efectos de los contaminantes del río San Juan. **Ministerio de Energía y Minas (1998)**.

En su trabajo de investigación, “Contaminación por Metales Pesados en Agua, Sedimento y Biotas del Lago Junín, Enero a Diciembre del 2000”, en la que llegó a determinar niveles de concentración por metales pesados en agua, además

reporta indicios de diferencias concentración de metales pesados en organismos, pero de una manera general. **(Castillo 2001)**.

Contaminación de Metales Pesados, La peligrosidad de los metales pesados es mayor al no ser química ni biológicamente degradables, por lo que una vez emitidos pueden permanecer en el medio ambiente durante cientos de años. Los elementos que han experimentado mayores incrementos en su producción en los últimos años son: Al, Ni, Cr, Cd. La minería en sus actividades de transporte, transferencia y procesado de minerales, desarrollada desde hace miles de años. Durante toda la vida minera de Oruro, más de 120 minas estatales y privadas, han dejado concentraciones altas de metales pesados con daños irreversibles para los ecosistemas terrestres, acuáticos. Lagos Poopó y Uru Uru, para lo cual se establecerán mecanismos de alternativas de solución, mediante el gobierno para establecer normas y estándares de los límites permisibles para los efluentes industriales mineros con la finalidad de proteger y preservar el los ecosistemas acuáticos y terrestres de País. **(Ríos C. 2001)**.

Los metales pesados como el Cu, Pb, Zn, Ni, Cr, Se, As, Cd, Hg, etc.; y algunos reactivos químicos utilizados en las plantas de procesamiento de minerales, no se degradan biológica ni químicamente en la naturaleza; por lo que son considerados tóxicos para la mayor parte de organismos vivos **(Chiang, 1989)**.

Un aspecto importante del estudio de la contaminación acuática, es la aplicación de programas de vigilancia y monitoreo, cuya actividad principal está destinada a mitigar la contaminación actual, eliminarla o impedirle en el futuro; y debe estar dirigida a evaluar durante un tiempo determinado el estado de

ciertos parámetros que se consideren indicativos del proceso de deterioro de las aguas por la contaminación (**Millones, 1995**).

Son muchos los ríos y lagunas del país, donde han ocurrido desastres por contaminación minera; el caso más notable es la contaminación del río Mantaro, donde el alto grado de polución química de sus aguas ha motivado la desaparición de flora y fauna de éste río, en la mayor parte de su recorrido (**OSASA, 1984**). **Paredes (1984)**, hace un estudio sobre los efluentes líquidos de la minería y su comportamiento químico en la potabilización del agua; **Corzo (1986)**, hace una evaluación del problema de los residuos mineros en el Perú; la **Southern Perú Copper Corporation (1986)**, relaciona la ecología con la actividad minera en Cuajone; **León (1992)**, evalúa algunos metales que afectan la calidad del agua del río Moche; asimismo, **Millones (1995)**, sustenta el seguimiento y evaluación ambiental en el manejo de cuencas.

El crecimiento de la población humana y el desarrollo de las grandes ciudades y las diversas industrias, han ocasionado la descarga de enormes cantidades de aguas residuales y de desechos industriales en los lagos y mares, causando gran contaminación hasta el grado de no poder utilizarse para la bebida, el uso doméstico y la irrigación (**Odum, 1986**).

## **2.2. MARCO CONCEPTUAL**

### **2.2.1. Contaminación del Agua**

Se considera que se genera contaminación en el agua por la adición de cualquier sustancia en cantidad suficiente para que cause efectos dañinos mensurables en la flora, la fauna (incluido el humano).

El agua de los ríos ha sido usada tradicionalmente como medio de evacuación de los desperdicios humanos y los ciclos biológicos del agua. Pero actualmente, ya no son solamente estos desperdicios orgánicos los que son arrojados a los ríos sino cantidades mayores de productos químicos nocivos que destruyen la vida animal y vegetal del ecosistema acuático y anulan o exceden la acción de las bacterias y las algas en el proceso de biodegradación de los contaminantes orgánicos y químicos de las aguas.

Los contaminantes más frecuentes de las aguas son: materias orgánicas y bacterias, hidrocarburos, desperdicios industriales, productos pesticidas y otros utilizados en la agricultura, productos químicos domésticos y desechos radioactivos. Lo más grave es que una parte de los derivados del petróleo son arrojados a los ríos y el mar y son absorbidos por la fauna y flora acuática que los retransmiten a los consumidores de peces, crustáceos, moluscos, algas, etc.

Los contaminantes en forma líquida provienen de las descargas de desechos domésticos, agrícolas e industriales en las vías acuáticas, de terrenos de alimentación de animales, de terrenos de relleno sanitario, de drenajes de minas y de fugas de fosas sépticas. Estos líquidos contienen minerales disueltos, desechos humanos y de animales, compuestos químicos sintéticos y materia coloidal y en suspensión. Entre los contaminantes sólidos se encuentran arena,

arcillas, tierra, cenizas, materia vegetal agrícola, grasas, brea, papel, hule, plásticos, madera y metales.

### **2.2.2. Clasificación de la contaminación**

Según el origen la contaminación es de dos tipos:

- a. La contaminación producida por causas naturales o geoquímicas y que generalmente no está influenciada por el hombre, y
- b. La contaminación provocada por las actividades del hombre y se le llama contaminación antropogénicas.

Entre los efectos nocivos para organismos, poblaciones y ecosistemas destacan los siguientes:

- i. Perjuicios a la salud humana (intoxicaciones, enfermedades infecciosas y crónicas, muerte).
- ii. Daños a la flora y fauna (eutrofización, enfermedad y muerte).
- iii. Alteraciones de ecosistemas (erosión, eutrofización, acumulación de compuestos dañinos persistente, destrucción).
- iv. Molestias estéticas (malos olores, sabores y apariencia desagradable).

### **2.2.3. Tipos de contaminantes**

#### **A. Contaminantes físicos**

Afectan el aspecto del agua y cuando flotan o se sedimentan interfieren con la flora y fauna acuáticas. Son líquidos insolubles o sólidos de origen natural y diversos productos sintéticos que son arrojados al agua como resultado de las actividades del hombre,

así como, espumas, residuos oleaginosos y el calor (contaminación térmica).

### **B. Contaminantes químicos**

Incluyen compuestos orgánicos e inorgánicos disueltos o dispersos en el agua. Los contaminantes inorgánicos son diversos productos disueltos o dispersos en el agua que provienen de descargas domésticas, agrícolas e industriales o de la erosión del suelo. Los principales son cloruros, sulfatos, nitratos y carbonatos. También desechos ácidos, alcalinos y gases tóxicos disueltos en el agua como los óxidos de azufre, de nitrógeno, amoníaco, cloro y sulfuro de hidrógeno (ácido sulfhídrico). Gran parte de estos contaminantes son liberados directamente a la atmósfera y son arrastrados por la lluvia. Esta lluvia ácida, tiene efectos nocivos que pueden observarse tanto en la vegetación como en edificios y monumentos de las ciudades industrializadas.

### **C. Los contaminantes orgánicos**

También son compuestos disueltos o dispersos en el agua que provienen de desechos domésticos, agrícolas, industriales y de la erosión del suelo. Son desechos humanos y animales, de rastros o mataderos, de procesamiento de alimentos para humanos y animales, diversos productos químicos industriales de origen natural como aceites, grasas, breas y tinturas, y diversos productos químicos sintéticos como pinturas, herbicidas, insecticidas, etc. Los contaminantes orgánicos consumen el

oxígeno disuelto en el agua y afectan a la vida acuática (eutrofización).

#### **D. Contaminantes biológicos**

Incluyen hongos, bacterias y virus que provocan enfermedades, algas y otras plantas acuáticas. Algunas bacterias son inofensivas y otras participan en la degradación de la materia orgánica contenida en el agua.

Ciertas bacterias descomponen sustancias inorgánicas. La eliminación de los virus que se transportan en el agua es un trabajo muy difícil y costoso. La contaminación de los suelos afecta principalmente a las zonas rurales agrícolas y es una consecuencia de la expansión de ciertas técnicas agrícolas. Los fertilizantes químicos aumentan el rendimiento de las tierras de cultivo, pero su uso repetido conduce a la contaminación de los suelos, aire y agua. Además los fosfatos y nitratos son arrastrados por las aguas superficiales a los lagos y ríos donde producen eutrofización y también contaminan las corrientes freáticas. Los pesticidas minerales u orgánicos utilizados para proteger los cultivos generan contaminación a los suelos y a la biomasa. También los suelos están expuestos a ser contaminados a través de las lluvias que arrastran metales pesados como el plomo, cadmio, mercurio y molibdeno, así como, sulfatos y nitratos producidos por la lluvia ácida.

En relación a estos drenajes ácidos existen informes sobre la mortandad de peces y crustáceos de ríos, afecciones al ganado, y destrucción de cultivos y riberas; siempre asociado a una coloración ocre-amarillenta de los lechos de ríos y lagos afectados y un incremento de la turbiedad de las aguas.

#### **2.2.4. Contaminación por metales traza o metales pesados**

El término de metal traza refiere a cualquier elemento químico metálico que tenga una relativa alta densidad y sea tóxico o venenoso en concentraciones bajas. Los ejemplos de metales pesados incluyen el mercurio (Hg), cadmio (Cd) el arsénico (As), el cromo (Cr), el talio (Tl), y el plomo (Pb). Los metales pesados son componentes naturales de la corteza de tierra. No pueden ser degradados o ser destruidos. En un grado pequeño se incorporan a nuestros cuerpos vía el alimento, el agua potable y el aire. Como elementos de rastro, algunos metales pesados (cobre, selenio, zinc) son esenciales mantener el metabolismo del cuerpo humano. Sin embargo, en concentraciones más altas pueden conducir al envenenamiento. El envenenamiento por metales traza podría resultar, por ejemplo, de la contaminación del agua potable (tuberías del plomo), las altas concentraciones en el aire cerca de fuentes de la emisión, o producto vía la cadena de alimento.

Los metales pesados son peligrosos porque tienden a bioacumularse. La bioacumulación significa un aumento en la concentración de un producto químico en un organismo biológico en

un cierto plazo, comparada a la concentración del producto químico en el ambiente. Se analizan (metabolizado) o se excretan los compuestos acumulan en cosas vivas cualquier momento se toman y se almacenan más rápidamente que ellos. Los metales pesados pueden entrar un abastecimiento de agua por medio de residuos industriales y de deposita corrientes, los lagos, los ríos, etc.

### **Efecto de la contaminación por metales traza**

#### **1) Efectos ambientales del Arsénico**

El Arsénico puede ser encontrado de forma natural en la tierra en pequeñas concentraciones. Esto ocurre en el suelo y minerales y puede entrar en el aire, agua y tierra a través de las tormentas de polvo y las aguas de escorrentía.

En realidad el Arsénico es específicamente un compuesto móvil, básicamente significa que grandes concentraciones no aparecen probablemente en un sitio específico. Esto es una buena cosa, pero el punto negativo es que la contaminación por Arsénico llega a ser un tema amplio debido al fácil esparcimiento de este. Debido a las actividades humanas, mayormente a través de la minería y la fundición, naturalmente el Arsénico inmóvil se ha movilizado también y puede ahora ser encontrado en muchos lugares donde ellos no existían de forma natural.

El Arsénico es mayoritariamente emitido por las industrias productoras de cobre, pero también durante la producción de plomo y zinc y en la agricultura. Este no puede ser destruido una

vez que este ha entrado en el Ambiente, así que las cantidades que hemos añadido pueden esparcirse y causar efectos sobre la salud de los humanos y los animales en muchas localizaciones sobre la tierra.

Las plantas absorben Arsénico con bastante facilidad, así que alto rango de concentraciones pueden estar presentes en la comida. Las concentraciones del peligroso Arsénico inorgánico que está actualmente presente en las aguas superficiales aumentan las posibilidades de alterar el material genético de los peces. Esto es mayormente causado por la acumulación de Arsénico en los organismos de las aguas dulces consumidores de plantas. Las aves comen peces que contienen eminentes cantidades de Arsénico y morirán como resultado del envenenamiento por Arsénico como consecuencia de la descomposición de los peces en sus cuerpos.

## **2) Efectos ambientales del Cobre**

El Cobre puede ser liberado en el medioambiente tanto por actividades humanas como por procesos naturales. Ejemplo de fuentes naturales son las tormentas de polvo, descomposición de la vegetación, incendios forestales y aerosoles marinos. Unos pocos de ejemplos de actividades humanas que contribuyen a la liberación del Cobre han sido ya nombrados. Otros ejemplos son la minería, la producción de metal, la producción de madera y la producción de fertilizantes fosfatados.

El Cobre no se rompe en el ambiente y por eso se puede acumular en plantas y animales cuando este es encontrado en suelos. En suelos ricos en Cobre sólo un número pequeño de plantas pueden vivir. Por esta razón no hay diversidad de plantas cerca de las fábricas de Cobres, debido al efecto del Cobre sobre las plantas, es una seria amenaza para la producción en las granjas. El Cobre puede seriamente influir en el proceso de ciertas tierras agrícolas, dependiendo de la acidez del suelo y la presencia de materia orgánica. A pesar de esto el estiércol que contiene Cobre es todavía usado.

### **3) Efectos ambientales del Cadmio**

La mayor parte del cadmio que se emite a la atmósfera se deposita en la tierra y en las aguas de la región cercana a la fuente de emisión. A partir de ésta, el cadmio es ingerido por los organismos y transportado a todos los eslabones de las cadenas alimenticias. Esta vía de asimilación es la principal ruta del cadmio para los animales y el hombre.

En las aguas superficiales, el cadmio se presenta como ion libre y en su solubilidad influyen la dureza, el pH, los complejos solubles y los sulfuros coloidales de éstas; en este medio se une a la materia particulada. Cuando las aguas dulces llegan al mar, el ion cadmio  $2+$  al igual que los iones de otros metales pesados, tiende a depositarse en los sedimentos y así queda limitado a las aguas de las costas y los estuarios. Esta inmovilización es

potencialmente peligrosa, ya que pueden llegar a disolverse de nuevo si el pH disminuye.

Generalmente, las concentraciones de este elemento son inferiores a 1 mg/kg en suelos y se mantienen entre 0,01 a 0,5 mg/kg. Las principales variaciones en el contenido de cadmio en este tipo de suelo se deben a la composición de la roca madre y al suministro de metales que provienen de fertilizantes, abonos, agroquímicos y la contaminación atmosférica. Debido a que el cadmio es un metal relativamente volátil, no se puede evitar que durante los procesos de soldadura se libere en altas concentraciones hacia la atmósfera. Los valores promedio de este metal en el aire son de aproximadamente  $0,002 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

#### **4) Efectos ambientales del Cromo**

En los lugares cercanos a las industrias que trabajan con compuestos de cromo, se ha observado que los polvos de desecho en el proceso de la fabricación de cromatos así como los polvos de las chimeneas producen corrosión en la pintura de casas, automóviles, etc.

#### **5) Efectos ambientales del Mercurio**

El mercurio inorgánico (mercurio metálico y compuestos de mercurio inorgánicos) pasa al aire durante la extracción de depósitos minerales, al quemar carbón y basura y de plantas industriales.

El mercurio pasa al agua o a la tierra de depósitos naturales, de basurales y de actividad volcánica. El metil-mercurio puede ser formado en el agua y el suelo por pequeños organismos llamados bacterias. El metil-mercurio se acumula en los tejidos de peces. Peces de mayor tamaño y de mayor edad tienden a tener niveles de mercurio más altos.

#### **6) Efectos ambientales del Plomo.**

Una vez que el plomo ha llegado al suelo permanece ahí indefinidamente y sólo una pequeña parte es transportada por la lluvia. Por ello, se debe considerar al plomo como uno de los principales depósitos de este contaminante. Mientras que en suelos de sitios urbanos, la concentración de plomo llega a ser extremadamente elevada. En algunas ocasiones, por ejemplo, el contenido medio de plomo en las calles de algunas zonas residenciales y comerciales llega a ser de 1 600 a 2 400 µg/g. Esto representa un serio problema para la salud, en especial para los niños.

Se sabe que el plomo afecta adversamente a todos los organismos, aunque todavía se carece de suficiente información al respecto. En concentraciones de 0,1 a 0,5 mg/mL, este elemento retarda la ruptura heterolítica de la materia orgánica.

Las plantas que crecen en suelos contaminados por este elemento tienden a concentrarlo sobre todo en su sistema radicular. La contaminación se ha atribuido principalmente al

plomo atmosférico. Algunos animales, por ejemplo las lombrices de tierra, tienden a acumular plomo y pueden ser una de las rutas por las que este elemento entra a las cadenas alimenticias. En este caso, los demás eslabones serán los principales afectados.

### **7) Efectos ambientales del Hierro**

El hierro (III) -O-arsenito, pentahidratado puede ser peligroso para el medio ambiente; se debe prestar especial atención a las plantas, el aire y el agua. Se recomienda encarecidamente que no se permita que el producto entre en el medio ambiente porque persiste en éste.

#### **2.2.5. Calidad del agua**

En todas las minas del mundo se están formulando las mismas preguntas concernientes a la protección del medio ambiente ¿qué calidad de agua de efluente es necesaria para la protección ambiental? un programa de muestreo de calidad de aguas superficiales es ayudar a absolver tales preguntas. No obstante, debe reconocerse que el programa de monitoreo será específico por sitio y que los diferentes tipos de minas e instalaciones de procesamiento, etapa o nivel de desarrollo, geología, hidrología y topografía determinarán en conjunto el referido programa.

Las áreas mineras en el Perú se ubican a lo largo del país, en una variedad de regiones geológicas, topográficas y climatológicas. La precipitación pluvial mensual puede oscilar entre 2 mm en la región costera hasta 460 mm en las regiones selváticas. En la zona

montañosa, las precipitaciones pueden variar entre “0” mm a más de 100 mm en un año. De ese modo, la ubicación de la mina determinara el balance de agua del sitio, lo que puede variar considerablemente de lugar a lugar.

La calidad de agua de los efluentes (por ejemplo, cualquier agua que se descarga de la mina o de la planta procesadora) que drenan de cada sitio minero se especifica de dicho sitio. Parece ser que los principales problemas que se someterán a monitoreo sobre calidad de agua en las minas, incluyen: drenaje ácido con elevadas concentraciones de sulfatos y metales disueltos; sólidos en suspensión y contenido de metales totales asociados; drenaje casi neutro con elevadas concentraciones de metales disueltos y nutrientes; reactivos químicos de proceso, especialmente cianuro; y aguas negras o servidas.

### **Monitoreo de la calidad del agua**

El término agua superficial, se utiliza en referencia a cualquier tipo de agua que se encuentre al nivel de la superficie o por encima de la misma (por ejemplo, un lago, río o corriente) o al agua que se dirige a un cuerpo de agua superficial (como agua bombeada de labores subterráneas a la superficie). En muchos casos, las aguas freáticas se vuelven aguas superficiales mediante patrones de flujos naturales. Se refiere a cualquier tipo de agua que pueda muestrearse sin usar un pozo artesiano o una instalación artesiana de monitoreo.

En cada área de influencia de una mina normalmente se encuentran capacitados para llevar a cabo los trabajos correspondientes a un programa de monitoreo. Para garantizar la obtención de resultados consistentes y confiables de un programa de monitoreo, es importante contar con un grupo homogéneo de personas, debidamente capacitadas, que tengan bajo su responsabilidad el monitoreo de calidad de agua.

#### **A. Estaciones de muestreo**

El área de influencia de una mina puede abarcar una gran superficie, combinando labores antiguas, abandonadas (y algunas veces olvidadas) con las operaciones actuales. Independientemente de la complejidad de la mina, existen características comunes para todas las minas que proporcionan la base para identificar donde efectuar el muestreo.

#### **Alcance**

El primer paso para decidir donde efectuar el muestreo por calidad de agua es identificar el balance de agua de la propiedad minera: de donde ingresa el agua y por donde sale de la propiedad minera.

El segundo paso es identificar todas las fuentes posibles de contaminantes y seleccionar las estaciones que se encuentran aguas arriba y aguas abajo de cada fuente. Marque todos los cursos naturales de agua (ríos, corrientes, lagos) y la dirección y volumen del flujo (aproximadamente). En el plano, marque todas las

corrientes de agua del proceso, relacionadas con la mina, incluyendo la dirección y volumen del flujo.

Ubique todos los principales componentes de la mina: tajo abierto, labores subterráneas, embalses de relaves, botaderos, apilamientos de mineral de baja ley o desechos, instalaciones de procesamiento, poblados aledaños y/o campamentos.

Utilice las cartas hidrográficas estacionales, los registros de precipitaciones en el área minera y observaciones para identificar los flujos que se presentan todo el año y aquellos que solo son estacionales. Los flujos que se presentan todo el año deben monitorearse regularmente. Puede establecerse estaciones en los flujos estacionales. Debe muestrearse todas las aguas que fluyan en el área de influencia de toda la mina, incluyendo los efluentes del procesamiento que se descargan a los cursos naturales de agua.

### **Medio Ambiente Receptor**

El motivo para realizar el muestreo y el monitoreo de la calidad del agua es garantizar la protección del medio ambiente natural local. El medio ambiente receptor de aguas superficiales en el área de influencia de una mina se refiere a todos los cursos naturales de agua que dicha mina afecta. Generalmente, estos son los ríos superficiales, corrientes, lagos o sierras pantanosas en el área. El flujo de aguas freáticas dará su aporte a los mencionados cursos de agua. En cada curso de agua importante debe existir una estación de muestro aguas arriba y aguas abajo con relación a la mina.

Lo anterior es decisivo para determinar: cuáles son las condiciones naturales o de base para el curso de agua; si la mina está aportando contaminantes a las aguas naturales: si existen otras fuentes de contaminantes, ya sea naturales o antropogénicas; y hasta qué nivel se necesita controlar la descarga de contaminante desde la mina.

Todos los parámetros que se miden en la(s) fuente(s) deben medirse en el medio ambiente receptor. Además, debe realizarse una serie completa de análisis en las muestras extraídas aguas arriba para caracterizar las condiciones de base.

### **B. Muestreo de efluentes**

Los objetivos del muestreo de efluentes son: establecer los procedimientos para la selección de puntos de muestreo, toma de muestras en cuerpos de agua y efluentes, asegurando la calidad de datos y custodia de las muestras con la finalidad de determinar la calidad y composición de las mismas, en el marco del procedimiento de autorización sanitaria de vertimiento.

Su aplicación en el ámbito nacional, servirá como procedimiento para los muestreos previa y post a la autorización sanitaria de vertimiento, acatada por los profesionales de la Dirección General de Salud Ambiental.

Previo al trabajo de campo y como parte del plan de muestreo deberá determinarse los puntos de muestreo y parámetros de análisis según los siguientes criterios.

### **Selección de puntos de muestreo**

### **a. En el vertimiento**

Las tomas de muestra se realizarán para efluentes que serán descargados o cuyo destino final son los ríos y sus afluentes, arroyos, torrentes y manantiales, lagos, lagunas y embalses de formación natural o artificial en sus diversas dimensiones y estados físicos durante épocas de estiaje y/o lluvias dependiendo de la fecha de la inspección, incluyendo al mar y sus diversas formaciones hidrogeomorfológicas.

- 1) Para el caso de plantas de producción que cuenten con línea de emisión subacuática, la muestra y mediciones de caudal se tomará en la caja de registro o su equivalente.
- 2) De existir sistema de tratamiento de aguas residuales industriales y/o domésticas, se colectará muestras en el ingreso y salida de la planta, a fin de verificar la eficiencia de tratamiento.
- 3) Se tendrá la identificación y localización satelital del punto de muestreo, estableciendo en el equipo del sistema posicionamiento global (GPS), los datos de: DATUN DE MAPA.

### **b. En el recurso hídrico de descarga de cada vertimiento**

#### **1) En caso de ríos**

- Elija una sección en donde el río esté lo más regular, accesible y uniforme en profundidad, por lo menos 100 metros aguas arriba de una confluencia, y cerca de un punto de referencia tal como un puente, roca grande, árbol, kilometraje vial, etc.

- Se tendrá la identificación y localización satelital del punto de muestreo y de referencia (Ejemplo: puente, desagüe, aforo, etc.) en un mapa con un esquema y fotografías, estableciendo en el equipo del sistema de posicionamiento global (GPS), los datos de: DATUN DE MAPA.
- De existir efluentes (vertimientos) en el curso de agua, la toma de muestra en el cuerpo receptor será aguas abajo de la descarga y en el punto que asegure la mezcla completa. Se recomienda seguir los criterios siguientes para determinar las distancias aguas abajo:
  - Además de la muestra tomada aguas abajo de la descarga, se recomienda tomar una muestra adicional más abajo de manera que se confirme la mezcla total de la descarga con el cuerpo receptor, a una distancia equivalente a la tercera parte de la muestra inicial (la distancia mínima será de 50 m), tal como se indica en el Gráfico. Esta muestra adicional se efectuará solo de verificarse que no existe ninguna descarga adicional en el tramo.
  - Para el caso de vertimiento próximos; al contar con efluentes próximos entre sí, debiéndose tomar la distancia media entre el punto de descarga del efluente a evaluar y el punto de descarga del efluente aguas abajo.
  - Para la toma de muestra del blanco, se considerará un punto que se encuentre fuera del área de influencia de cualquier efluente

aguas arriba, en el caso que dicha distancia sea menor a 200 metros.

- De haber más de una descarga en un tramo corto del río, de manera tal, se tomará la muestra aguas abajo de la descarga, inmediatamente antes de la siguiente (de preferencia 50 metros antes).

### **Análisis de la calidad del agua**

Los parámetros típicos de monitoreo para determinar la calidad del agua pueden describirse en dos grupos principales:

- Parámetros orgánicos
- Parámetros inorgánicos.

Con frecuencia dichos parámetros se describen en los siguientes términos:

#### **A. Tipos de parámetros**

- **Parámetros Inorgánicos**

Incluyen los sólidos totales en suspensión (o turbidez), temperatura, flujo, color, olor y sabor. Por conveniencia, el pH, Eh, conductividad, sólidos totales disueltos y oxígeno disuelto algunas veces se reportan con los parámetros físicos; iones principales, incluyendo sulfato, alcalinidad, acidez, cianuro y nutrientes tales como las especies de nitrógeno y fosfatos; metales disueltos que incluyen todos los iones metálicos cuyo tamaño de partícula sea

menor de 0,45 µm y metales totales que incluyen todos los iones metálicos en una muestra no filtrada

- **Parámetros orgánicos**

Incluyen componentes de reactivos de procesamiento, fenol, petróleo y grasa, etc. Algunos parámetros se usan directamente para evaluar el impacto ambiental o la toxicidad del agua, ya sea para la salud humana, recursos acuáticos o para uso agrícola. Estos parámetros incluyen principalmente metales totales y disueltos, cianuro y iones principales como el amoníaco.

Algunos parámetros determinados deben medirse en todos los lugares de muestreo y para la mayoría de muestras. Estos se denominan parámetros básicos.

Los parámetros básicos pueden incluir pH, Eh, temperatura, conductividad, alcalinidad/acidez y sólidos totales disueltos (TDS) y sólidos totales en suspensión (TSS). Dependiendo de la geología de la mina y de los reactivos que se usan en el procesamiento, algunas mediciones son más apropiadas que otras. Estos parámetros específicos por lugar se seleccionan de una lista completa de metales, iones principales y orgánicos.

Es importante reconocer que no todos los parámetros deben medirse en cada muestra – la selección dependerá de la variabilidad del parámetro en la muestra de agua (la variabilidad más alta generalmente requiere de un análisis más frecuente), el

nivel del problema asociado con los parámetros y el componente que se somete a muestreo.

## **B. Frecuencia**

El cronograma de muestreo y análisis en cada área de influencia de una mina depende de las cartas hidrográficas de dicho lugar y del programa de manejo de aguas, así como de la etapa de operación. No obstante, todas las descargas de la mina al medio ambiente receptor debe someterse regularmente a muestreo y análisis; el muestreo debe ser más frecuente durante e inmediatamente después de un evento fuera de control, por ejemplo, derrame de reactivo, derrame de relaves, falla en la presa, etc. el muestreo debe ser más frecuente antes, durante e inmediatamente después de un cambio en el procesamiento, manejo de agua o de desechos si es que existe un impacto en la calidad del agua receptora.

Identifique los componentes para los que se producen cambios en el balance de agua y carga de contaminantes durante el año, en relación con otros, mostrarán un mayor cambio con las influencias estacionales. Está directamente relacionada con el régimen climático.

## **C. Tipos de muestras**

El tipo de muestra a tomarse de un cuerpo superficial de agua se determinará considerando las características de la estación de muestreo y el flujo de agua; asimismo, la velocidad de flujo,

tamaño o área de la masa de agua, homogeneidad, clima, flujo discreto o distribuido y los requisitos de precisión. Además, deberá considerarse el tipo de equipo que está disponible y la seguridad del técnico durante la toma de muestras.

- **Muestras tomadas al azar (puntuales)**

El tipo de muestra más común para el monitoreo regular de las aguas superficiales en la mina es una muestra "tomada al azar o puntual". La muestra se colecta en determinado momento y lugar en el recorrido del flujo de agua. Las muestras tomadas al azar en un río o poza también pueden tomarse en puntos separados sobre la profundidad en la columna de agua.

- **Muestras compuestas**

Se puede preparar muestras compuestas en un intervalo de tiempo discreto, extraídas de un lugar de muestreo seleccionado, a fin de determinar las condiciones "promedio". Puede obtenerse una muestra compuesta, ya sea por recolección continua, en un intervalo de tiempo, de una corriente de flujo bajo (muestra compuesta de un ida de un rezumadero de bajo flujo) o mezclando volúmenes recolectados a intervalos mayores sobre un período de tiempo de un flujo de descarga elevado (muestra compuesta de 24 horas colectada a partir de muestras individuales, cada hora, desde una tubería de relaves).

No es aceptable juntar muestras compuestas de dos lugares diferentes debido a los cambios potenciales en la química del

agua resultantes del mezclado de dichas muestras. Para calcular la composición promedio de agua a lo largo de una gran área, las muestras individuales deben analizarse y promediarse matemáticamente o usando un modelo geoquímico de mezcla.

#### **D. Toma de Muestras**

La topografía, lugar de colección, tipo de muestra y las condiciones determinaran los procedimientos específicos para cada estación en general:

- En un cuerpo de agua con más de una estación de muestreo, inicie éste en el punto más lejano aguas abajo, particularmente si alguna alteración física en un área pudiera influir en una estación aguas abajo; siempre muestre aguas arriba en cualquier camino, cruce o puente, a menos que la influencia de la estructura sea el objetivo del muestreo;
- Siempre muestree en el mismo lugar;
- Asegúrese de que la muestra pueda colectarse de manera segura, sin representar un riesgo para el técnico. Si existiera un riesgo bajo ciertas condiciones, la estación de muestreo deberá reubicarse.

Al momento de tomar las muestras:

- Ubíquese de frente aguas arriba mientras muestrea para evitar la contaminación del agua por sedimentos en suspensión;

- Si se tiene que tomar varias botellas de muestra en el mismo lugar, ello deberá hacerse al mismo tiempo. Si fuera posible, es mejor recolectar una gran muestra y dividirla en sub muestras;
- Recolecte muestras para someter a QA/QC;
- Enjuague tres veces con agua destilada (sondas para los medidores) o con la solución a muestrear (ya sea la muestra original de la botella de 1L o la muestra filtrada de la botella de metales disueltos) el equipo de muestreo y filtración, equipo de análisis y botellas de muestreo de plástico; manipule los papeles de filtro únicamente con pinzas limpias. No toque con las manos el interior de las botellas, tapas o equipo de filtración;
- Complete las mediciones de campo en una sub muestra y registre estos datos en las hojas de campo (casillero B de la hoja de datos);
- Preserve las muestras. Rotule las muestras y registre el número de estas y los requerimientos analíticos en la hoja de datos. Almacene las muestras en un enfriador (alejado de la luz solar).

#### **2.2.6. Marco Normativo de la calidad del agua**

**Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades Minero Metalúrgicas. D.S. N° 010 – 2010 – MINAM.**

**Tabla 02: LMP de Parámetros, según D.S. N° 010-2010.**

PARÁMETRO	UNIDAD	LIMITE EN	LIMITE PARA EL
		CUALQUIER MOMENTO	PROMEDIO ANUAL
pH		6 – 9	6 – 9
Sólidos en suspensión totales	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: MINAM, 2010.

**Estándares Nacionales de calidad Ambiental para Agua –  
Categoría IV – Conservación del Ambiente Acuático. D.S. Nº 002  
– 2008 – MINAM**

**Tabla 03: ECA de Parámetros, según D.S. Nº 02-2008-MINAM**

PARÁMETRO	UNIDAD	LIMITE PARA EL PROMEDIO
-----------	--------	-------------------------

		<b>ANUAL</b>
Ph		6,5 – 8,5
Cianuro total	mg/L	0,022
Arsénico	mg/L	0,05
Cobre	mg/L	0,02
Plomo	mg/L	0,001
Zinc	mg/L	0,03

**Fuente:** MINAM, 2008.

## **CAPÍTULO III: CONSTRUCCIÓN DEL MODELO**

### **3.1. Generalidades**

#### **3.1.1. Marco Normativo vinculado al agua tipo IV.**

En las Tablas N° 02 y 03, se muestra la normatividad vinculante a agua tipo IV referente a los parámetros que han sido analizados en el presente proyecto.

## **3.2. Estudio de factibilidad**

### **3.2.1. Factibilidad técnica**

El proyecto es factible técnicamente ya que se utilizó el material humano técnico y profesional que nos garantiza un perfecto análisis de resultados de acuerdo a los conocimientos adquiridos para muestreos y análisis de aguas que nos permitió realizar los diferentes procesos para obtención de resultados y los análisis respectivos.

### **3.2.2. Factibilidad operativa**

Es factible operativamente debido a que se utilizaron los materiales y equipos necesarios que nos permitieron llegar a obtener los resultados para el análisis y evaluación del presente estudio.

### **3.2.3. Factibilidad económica**

El costo del trabajo de investigación es asumido en el desarrollo del trabajo de investigación y conllevara a una serie de beneficios para el cuidado del medio ambiente en lo que respecta a los recursos hídricos.

## **3.3. DISEÑO DEL MODELO Y HERRAMIENTA**

El presente trabajo de investigación ha exigido el desarrollo de un modelo conceptual integral y practica que comprende todos los elementos intervinientes para el muestreo y análisis de aguas del Rio Marañon, las mismas que reciben relaves de la Compañía Minera Poderosa SA lo que nos permitió principalmente:

- Recolectar muestras de aguas del Rio Marañón a 100 metros aguas arriba de donde se reciben los relaves
- Recolectar muestras de aguas del Rio Marañón desde el punto donde se reciben los relaves
- Recolectar muestras de aguas del Rio Marañón a 100 metros aguas abajo de donde se reciben los relaves
- Emplear materiales de fácil adquisición para la recolección de muestras y su posterior transporte a los laboratorios de análisis
- Determinar los puntos de muestreo para la cuantificación de los parámetros a estudiar en el proyecto de investigación.

## **CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS**

### **4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS**

#### **4.1.1. Resultados de la medición de las aguas del Rio Marañón**

Para caracterizar la calidad de agua del Rio Marañón en los puntos establecidos en el presente proyecto se procedió con el respectivo

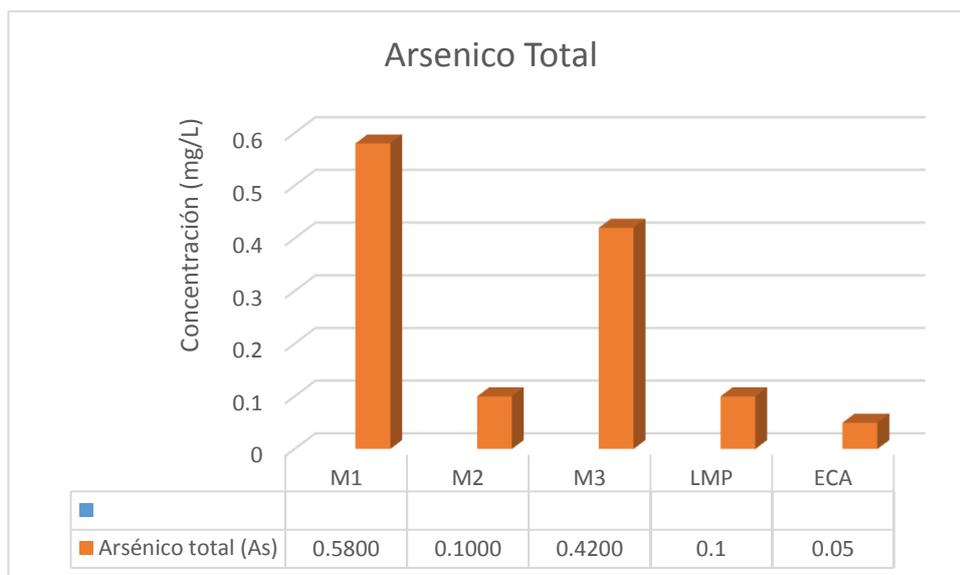
muestreo y la determinación de los parámetros analizados en el laboratorio de Investigación y Desarrollo de la Escuela de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Trujillo

**Tabla N° 04: Resultados de los análisis de laboratorio de los Metales traza de los puntos de muestreo de los Relaves de La Compañía Minera Poderosa SA.**

PARAMETROS	UNIDAD	M1	M2	M3	LMP	ECA
Arsénico total (As)	mg/L	0.5800	0.1000	0.4200	0.1	0.05
Cadmio total (Cd)	mg/L	0.0780	0.0400	0.0530	0.05	0.004
Cromo total (Cr)	mg/L	0.0040	0.0040	0.0040	0.1	0.005
Cobre total (Cu)	mg/L	0.0100	0.0100	0.0160	0.5	0.02
Plomo total (Pb)	mg/L	0.0200	0.0100	0.010	0.2	0.001
Mercurio total (Hg)	mg/L	0.0002	0.0001	0.0001	0.002	0.0001
Zinc total (Zn)	mg/L	0.3060	0.0250	0.0610	1.5	0.03

Fuente: Elaboración propia

**Grafico N° 01: Resultados de los Análisis de Laboratorio de Arsénico Total**

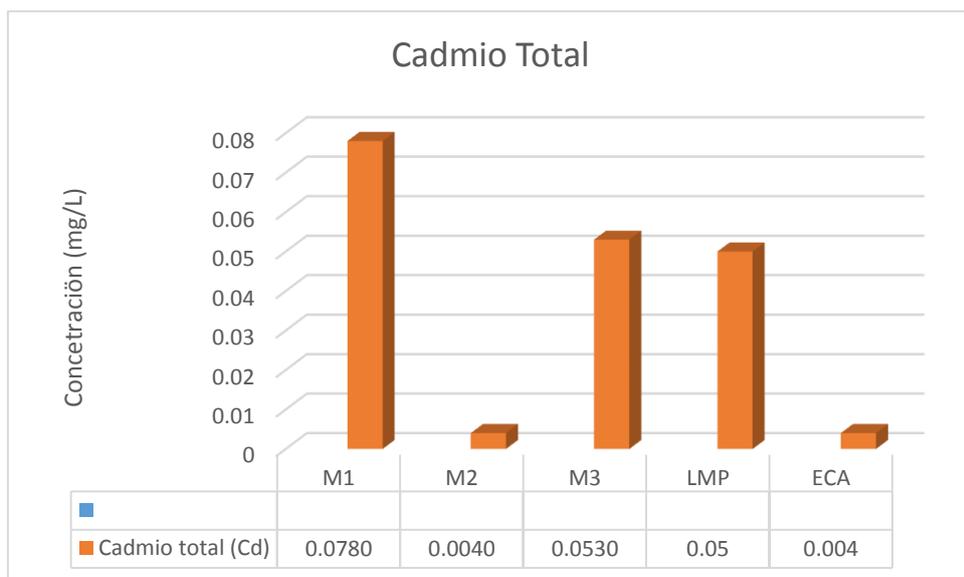


Fuente: Elaboración Propia.

**Interpretación:**

En grafico 01, se muestra los valores de arsénico total en las cuales en el punto M1, que es en donde llegan los relaves; la concentración del arsénico es de 0.58 mg/L la misma que se encuentra por encima del valor establecido en los Limites Máximos Permisibles para estas aguas. Asimismo en el punto M2 es de 0.10 mg/L y en el punto M3 es de 0.42 mg/L que superan los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental. Como podemos analizar del gráfico que por la contaminación de los relaves es que se ve un aumento de la concentración de este compuesto en el punto de monitoreo M3.

**Grafico N° 02: Resultados de los Análisis de Laboratorio de Cadmio Total.**

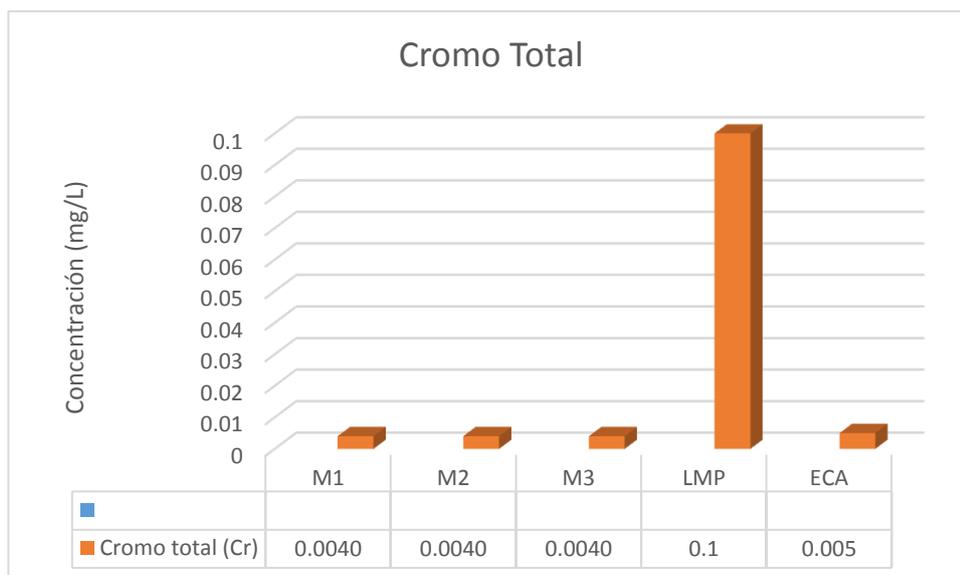


Fuente: Elaboración Propia

### Interpretación

En grafico 02, se muestra los valores de cadmio total en las cuales en el punto M1, que es en donde llegan los relaves; la concentración es de 0.0780mg/L la misma que se encuentra por encima del valor establecido en los Límites Máximos Permisibles para estas aguas. Asimismo en el punto M2 es de 0.004 mg/L está por debajo del valor establecido en la norma de Estándares de Calidad Ambiental para estas agua y en el punto M3 es de 0.53 mg/L que superan los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental. Del presente grafico nos damos cuenta que por la contaminación de los relaves de la minera en el punto M3 la concentración aumenta y no se cumple con la normatividad.

### Gráfico N° 03: Resultados de los Análisis de Laboratorio de Cromo Total



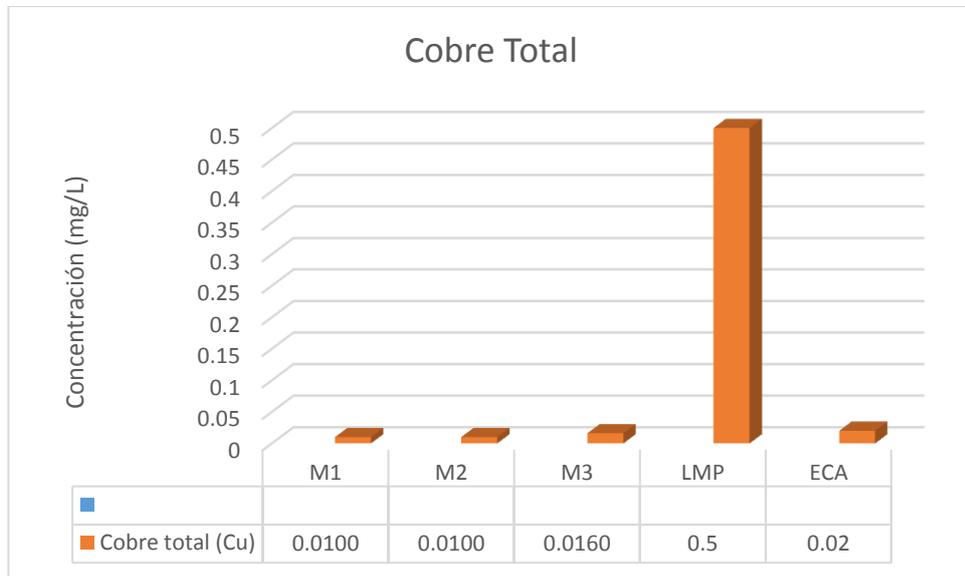
Fuente: Elaboración Propia

**Interpretación:**

En grafico 03, se muestra los valores de cromo total en las cuales en el punto M1, que es en donde llegan los relaves; la concentración es de 0.0040mg/L la misma que se encuentra por debajo del valor de los valores establecidos en los Limites Máximos Permisibles para estas aguas. Asimismo en el punto M2 es de 0.0040 mg/L está por debajo del valor establecido en la norma de Estándares de Calidad Ambiental para estas agua y en el punto M3 es de 0.040 mg/L que también está por debajo de los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental. Del análisis nos damos cuenta que no existe ninguna contaminación de este componente.

## Grafico N° 04: Resultados de los Análisis de Laboratorio de Cobre

### Total

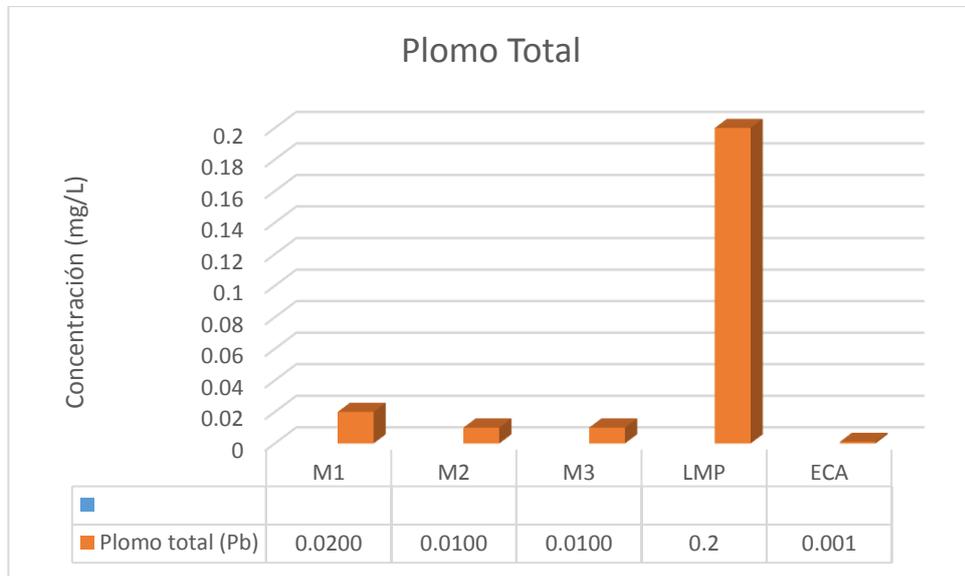


Fuente: Elaboración Propia

### Interpretación

En grafico 04, se muestra los valores de cobre total en las cuales en el punto M1, que es en donde llegan los relaves; la concentración es de 0.0100mg/L la misma que se encuentra por debajo del valor de los valores establecidos en los Limites Máximos Permisibles para estas aguas. Asimismo en el punto M2 es de 0.0100 mg/L y en el punto M3 es de 0.0160 que están por debajo de lo establecido en la norma de los Estándares de Calidad Ambiental para estas aguas. Del análisis nos damos cuenta que no existe ninguna contaminación de este componente.

**Grafico N° 05: Resultados de los Análisis de Laboratorio de Plomo Total.**

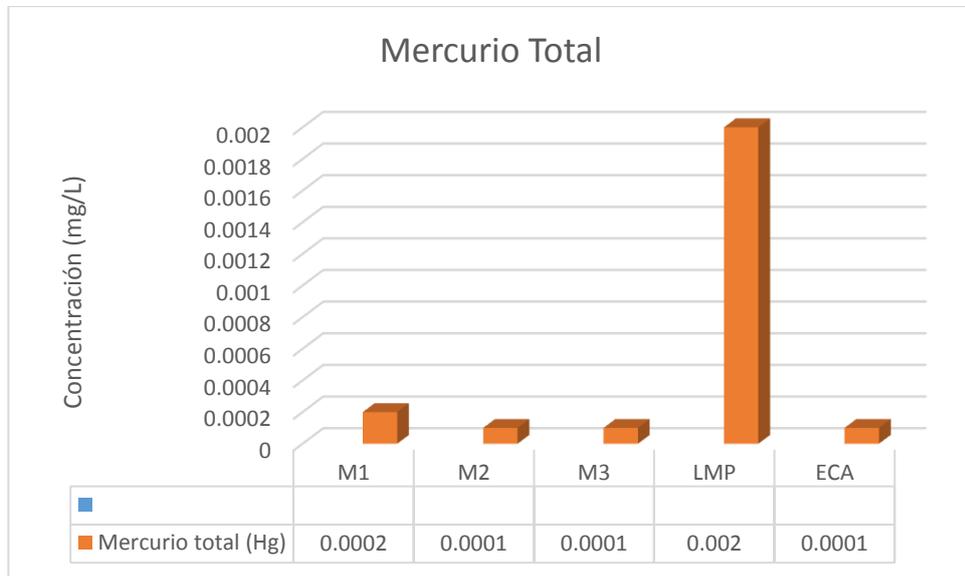


Fuente: Elaboración Propia

**Interpretación:**

En grafico 05, se muestra los valores de plomo total en las cuales en el punto M1, que es en donde llegan los relaves; la concentración es de 0.0200mg/L la misma que se encuentra por debajo del valor establecido en los Límites Máximos Permisibles para estas aguas. Asimismo en el punto M2 es de 0.0100 mg/L está por encima de del valor establecido en la norma de Estándares de Calidad Ambiental para estas agua y en el punto M3 es de 0.010 mg/L que supera los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental. Del análisis podemos decir que si bien es cierto que se cumple con los Limites Máximos Permisibles sin embargo no se cumple con los Estándares de Calidad Ambiental para este componente.

**Grafico N° 06: Resultados de los Análisis de Laboratorio de Mercurio Total.**

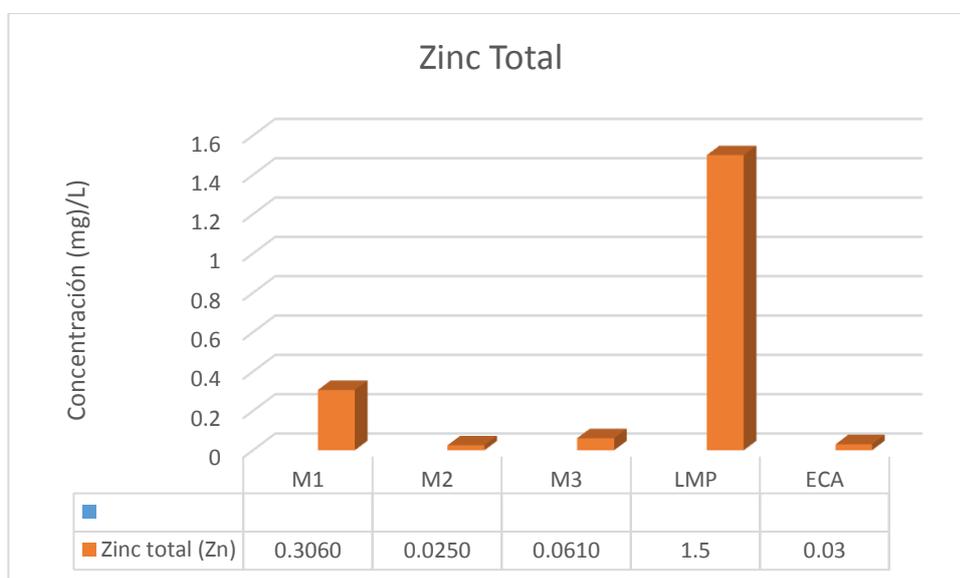


Fuente: Elaboración Propia

**Interpretación:**

En gráfico 06, se muestra los valores de mercurio total en las cuales en el punto M1, que es en donde llegan los relaves; la concentración es de 0.0002 mg/L la misma que se encuentra por debajo del valor establecidos en los Límites Máximos Permisibles para estas aguas. Asimismo en el punto M2 es de 0.0001 mg/L y en el punto M3 es de 0.0001 que está por encima de los Estándares de calidad Ambiental. Del análisis de estos resultados podemos afirmar que no hay contaminación de estas aguas por parte de este componente.

**Grafico N° 07: Resultados de los Análisis de Laboratorio de Zinc Total.**



Fuente: Elaboración Propia

**Interpretación:**

En grafico 07, se muestra los valores de zinc total en las cuales en el punto M1, que es en donde llegan los relaves; la concentración es de 0.3060mg/L la misma que se encuentra por debajo del valor establecido en los Límites Máximos Permisibles para estas aguas. Asimismo en el punto M2 es de 0.025 mg/L y cumple con los estándares de Calidad Ambiental para estas aguas. En el punto de muestre M3 es de 0.061 mg/L y está por encima de los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental. Del análisis de estos resultados nos damos cuenta que si bien es cierto que se cumple con los Límites Máximos Permisibles, debido a estos relaves es que se contamina las aguas de este rio por lo que no se cumple con los estándares de Calidad Ambiental.

## **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. CONCLUSIONES**

- 5.1.1.** Se determinó que en el punto de monitoreo M1 que es donde llegan los vertidos de metales traza de los relaves del pasivo ambiental de la compañía minera Poderosa SA cumplen con los Límites Máximos Permisibles para los elementos de Cromo Total, Cobre Total, Plomo Total, Mercurio Total y Zinc Total y no se cumple para el Arsénico Total y Cadmio Total.
- 5.1.2.** Se determinó que en el punto de monitoreo M2 que es 100 m aguas arriba de donde llegan los vertidos de metales traza de los relaves del pasivo ambiental de la compañía minera Poderosa SA se cumple con los Estándares de Calidad Ambiental para los elementos de Cadmio Total, Cromo Total, Cobre Total, Mercurio Total y Zinc Total y no se cumple para Arsénico Total y Plomo Total.
- 5.1.3.** Se determinó que en el punto de monitoreo M3 que es 100 m aguas abajo de donde llegan los vertidos de metales traza de los relaves del pasivo ambiental de la compañía minera Poderosa SA se cumple con los Estándares de Calidad Ambiental para los elementos de Cromo Total, Cobre Total, Mercurio Total y no se cumple para el Arsénico, Total, Cadmio Total y Plomo Total y Zinc Total.

**5.1.4.** Se determinó que debido a la presencia de los metales traza de los relaves del pasivo ambiental de la Compañía Minera Poderosa SA. Influye en la calidad del agua de la cuenca del Rio Marañón a tal punto que para algunos metales no se cumple con los estándares de Calidad Ambiental.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

**5.2.1.** Se recomienda que las autoridades de competencia ambiental realicen monitoreos de las aguas de la cuenta del Rio Marañón a fin de poder controlar y mitigar los efectos de contaminación Ambiental.

**5.2.2.** Se debe realizar estudios de caracterización de metales traza de relaves de mineras que se encuentran aguas arriba de los relaves del pasivo ambiental de la Compañía Minera Poderosa SA para determinar la influencia de contaminación de las aguas de la cuenca del Rio Marañón.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson Marcelo Manrique 2005. "Concentración de Metales Pesados en la Flora del Lago Junín, 2005" C de P - PERU. 69 pp.
- Adame, A. y D. Salín. 1996. Contaminación Ambiental. Primera Edición. Editorial Trilla, S.A. de C.V. México. 65 pp.
- Aquino, R.; M. Camacho y G. Llanos. 1989. Métodos para Análisis de Agua, Suelos y Residuos Sólidos. Instituto de Desarrollo y Medio Ambiente (IDMA). Consejo de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC). Lima - Perú. 106 pp.
- Chiang, A. 1989. Niveles de los Metales Pesados en Organismos, Agua y Sedimentos Marinos Recolectados en la V Región de Chile. Memorias del Simposio Internacional sobre Recursos Vivos. Santiago. pp. 205 – 215.
- Corzo, R. 1986. El Problema de los Residuos Mineros en el Perú. Encuentro Latinoamericano sobre Residuos Peligrosos y Residuos Mineros. Ministerio de Salud. Dirección Técnica de Saneamiento Ambiental. Lima - Perú. 15 pp.
- León, M. 1992. Evaluación de Algunos Metales que Afectan la Calidad del Río Moche. Tesis. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima - Perú. 97 pp.

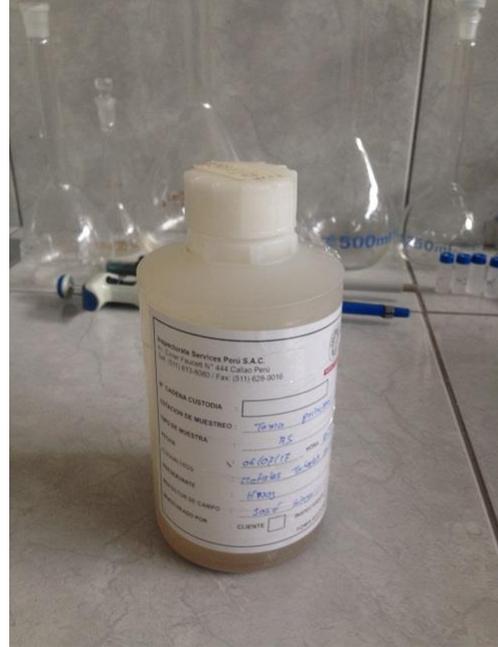
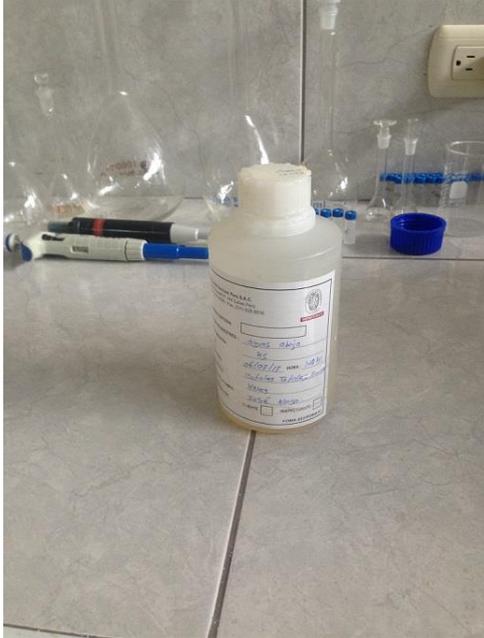
- Millones, E. 1995. Seguimiento y Evaluación Ambiental en el Manejo de Cuencas, III Encuentro de la Real Nacional de Cuencas de Cajamarca - Perú. pp 107 - 119.
- Ministerio de Energía y Minas del Perú y el Banco Interamericano de Desarrollo. 1998. Cuenca del Río Mantaro, Control Ambiental de las Actividades Mineras. Lima - Perú. pp 31.
- Ministerio de Energía y Minas. 1993. Minería y Medio Ambiente. Un Enfoque Técnico – Legal de la Minería en el Perú. Lima – Perú. 181 pp.
- Paredes, H. 1984. Efluentes Líquidos de la Minería y su Comportamiento Químico en la Potabilización del Agua. XVII Convención de Minería. Huaraz - Perú. VI - 5:1- 6 pp.
- Real Instituto de Tecnología de Suecia. 1973. Las Aguas Residuales de la Industria de Minería Metálica. Misión Minera Sueca del Perú. Tomo I. Estocolmo - Suecia. Pp. 1- 12.
- Ríos, C. 2001. Estudio de la Contaminación Ambiental por las Descargas Mineras de Comsur en la Represa Milluni. Universidad Mayor de San Andrés. Fac. Ingeniería. Carrera. Ing. Civil. Bolivia. 50 pp.

## ANEXOS

### Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	INDICES	MÉTODOS	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
<i>Problema Principal</i>	<i>Objetivo General</i>	<i>Hipótesis General</i>						
¿En qué dimensión la contaminación del agua del Río Marañón causado por el vertido de metales traza de los relaves del pasivo ambiental de la minera Poderosa SA impacta de tal manera que se superan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua?	Determinar el grado de contaminación del agua en el Río Marañón causado por el vertido de metales traza de los relaves del pasivo ambiental de la minera Poderosa SA	La contaminación del agua del Río Marañón causado por el vertido de metales traza de los relaves del pasivo ambiental de la minera Poderosa SA impacta de tal manera que se superan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, categoría 3.	<b>Variable Independiente:</b>  Metales traza de los relaves del pasivo ambiental  <b>Variable Dependiente:</b>  Contaminación del agua en el Río Marañón	Arsénico total Cadmio total Cromo total Cobre Total Plomo total Mercurio total Zinc total  Arsénico total Cadmio total Cromo total Cobre Total Plomo total Mercurio total Zinc total	-	Tipo de Investigación:  Cuantitativa y Aplicada  Nivel de investigación:  Experimental  Diseño de la investigación:  Pre experimental	- Recolección de muestras en los puntos establecidos M1, M2, M3 que son en la zona de descarga, 100 m aguas arriba y 100 m y 100 m aguas del relave del pasivo ambiental.  - Evaluación: que permite obtener información sobre la contaminación en el Pre y del Post test, de los análisis de los indicadores de los relaves mineros	- Análisis de laboratorio, que se realizara en Universidad Nacional de Trujillo.  - Medición de parámetros físico Químicos de los metales traza en los puntos establecidos  - Comparación de los resultados con los Estándares de Calidad Ambiental para aguas.

## Muestras de Agua de los 3 puntos de Monitoreo



## Manipulación de muestras en Laboratorio y Equipo de análisis de metales pesados (ICP MS) en la Universidad Nacional de Trujillo



### GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Ácido:** En "sistema acuoso", sustancia que puede formar iones de hidrógenos  $H (+)$  (protones) cuando se disuelven en el agua. Una sustancia no puede manifestar propiedades "ácidas" si no es en un disolvente que acepte protones.

**Alcalinidad del agua:** Propiedad del agua que depende de la cantidad de dióxido de carbono, carbonato ácido, carbonato, hidróxido y otras sustancias en menor cantidad, disueltas en ella. La especie química dominante es el ión bicarbonato. Las aguas limpias deben tener normalmente una alcalinidad no mayor de 8,4 unidades de pH.

**Biodiversidad:** Se entiende como la variabilidad de los organismos vivos de cualquier fuente, y la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y los complejos ecológicos que forman parte.

**Concentración:** Cantidad de soluto presente en una determinada cantidad de disolución.

**Contaminación del agua:** Incorporación al agua de materias extrañas, como microorganismos, productos químicos, residuos industriales y de otros tipos, o aguas residuales. Estas materias deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para los usos pretendidos.

**Cuerpo de agua:** Curso de agua natural o artificial tales como ríos, lagos, manantiales, reservorios, lechos subterráneos ú océanos; en los cuales son vertidas las aguas residuales con o sin tratamiento.

**Contaminación de la muestra:** Es la alteración involuntaria de la muestra, causada por agentes físicos, químicos o biológicos y climatológicos, que la invalidan para los fines analíticos a que se destina.

**Ecosistema:** Los ecosistemas son sistemas complejos como el bosque, el río o el lago, formados por una trama de elementos físicos (el biotopo) y biológicos (la biocenosis o comunidad de organismos).

**Efluente:** Desechos líquidos o gaseosos, tratados o no, generados por diversas actividades humanas que fluyen hacia sistemas colectores o directamente a los cuerpos receptores. Comúnmente se habla de efluentes refiriéndose a los desechos líquidos.

**Flora:** Conjunto de especies vegetales que se pueden encontrar en una región geográfica, la flora atiende al número de especies mientras que la

vegetación hace referencia a la distribución de las especies y a la importancia relativa.

**Metal traza o metal pesado:** Metal de masa atómica relativa elevada, por ejemplo el plomo. En la literatura sobre la contaminación del aire, el término ha sido utilizado de manera más amplia para incluir en él metales como el cobre y el zinc e incluso elementos, como el arsénico y que no son metales.

**Muestra:** Es una o más porciones de un volumen o masa representativa definida, colectadas en cuerpos receptores de efluentes industriales, efluentes domésticos, redes de abastecimiento público, estaciones de tratamiento de aguas, etc., con el fin de determinar sus características físicas, químicas y/o biológicas.

**Muestreo:** Es la actividad que consiste en coleccionar una muestra representativa, para fines de análisis y/o medición. Punto o estación de muestreo: Es el lugar predeterminado en un cuerpo receptor donde se colecciona una muestra.

**Muestra simple o puntual:** Es aquella muestra que representa la composición del cuerpo de agua original para el lugar, tiempo y circunstancias particulares en las que se realizó su colección. En tales circunstancias, un cuerpo de agua puede estar adecuadamente representado por muestras simples.

**Muestra compuesta:** Se refiere a una mezcla de muestras simples o puntuales tomadas en el mismo punto en distintos momentos. Para estos propósitos, se considera como estándar una muestra compuesta que representa un período de 24 horas.

**Muestra integrada:** La muestra integrada es la mezcla de muestras puntuales, colectadas en distintos puntos al mismo tiempo o con la menor separación temporal que sea posible. Un ejemplo de la necesidad de las mismas es el de los ríos o corrientes cuya composición varía según el ancho y profundidad.

**Pasivo ambiental:** En la contabilidad de una empresa se llama Activo a lo que la empresa tiene y Pasivo a lo que debe. Por tanto Pasivos Ambientales son las deudas que una empresa tiene por daños ambientales aunque estas no suelen incluirse en la contabilidad a menos que sean reclamadas social o judicialmente.

**pH:** Es el logaritmo de la recíproca de la concentración de ión hidrogeno en una sustancia o medio y que puede ser medida en un rango de 1-14, si su valor se encuentra entre 1-6 el pH es Acido, si se encuentra entre 8-14, su pH es Básico. La concentración del hidrogeno puede ser medida con un pH metro o papeles tornasol.

**Plan de muestreo:** Es el procedimiento que se requiere para obtener una muestra representativa, cuyas características conserven las condiciones del cuerpo de agua original.

**Relave:** Es un conjunto de desechos tóxicos subatómicos de procesos mineros y concentración de minerales, usualmente constituido por una mezcla de tierra, minerales, agua y rocas. Los relaves contienen altas concentraciones de químicos y elementos que alteran el medio ambiente, por lo que deben ser transportados y almacenados en «tanques o pozas de relaves» donde lentamente los contaminantes se

van decantando en el fondo y el agua es recuperada o evaporada. El material queda dispuesto como un depósito estratificado de materiales sólidos finos.

**Reserva:** Zona o grupo de recursos cuya explotación o uso se impide o regula por ley, pues se la considera de importancia en cuanto a necesidades futuras, para mantener la biodiversidad y como zonas de protección de Parques Nacionales.