



ANEXO 1

FORMATO PARA LA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN CON EL FINANCIAMIENTO DEL FEDU

1. Título del proyecto

Explotación y beneficio de gravas auríferas y sus impactos ambientales por mercurio en suelo, sedimento, biota y relaves en Chaquiminas – Ananea

2. Área de Investigación

Área de investigación	Línea de Investigación	Disciplina OCDE
Ingeniería ambiental (minería)	Contaminación ambiental	Ingeniería y tecnología

3. Duración del proyecto (meses)

12 meses

4. Tipo de proyecto

<u>Individual</u>	☐
<u>Multidisciplinario</u>	☒
<u>Director de tesis pregrado</u>	☐

4. Datos de los integrantes del proyecto

Apellidos y Nombres	Fidel Huisa Mamani
Escuela Profesional	Ingeniería de minas
Celular	951921282
Correo Electrónico	fhuisa@unap.edu.pe

Apellidos y Nombres	Oscar Eloy Llanque Maquera
Escuela Profesional	Ingeniería de minas
Celular	989597121
Correo Electrónico	oellanque@unap.edu.pe

Apellidos y Nombres	Américo Arizaca Avalos
Escuela Profesional	Ingeniería de minas
Celular	958328070
Correo Electrónico	aarizaca@unap.edu.pe



- I. Título** (El proyecto de tesis debe llevar un título que exprese en forma sintética su contenido, haciendo referencia en lo posible, al resultado final que se pretende lograr. Máx. palabras 25)

Explotación y beneficio de gravas auríferas y sus impactos ambientales por mercurio en suelo, sedimento, biota y relaves en Chaquiminas – Ananea

- II. Resumen del Proyecto de Tesis** (Debe ser suficientemente informativo, presentando -igual que un trabajo científico- una descripción de los principales puntos que se abordarán, objetivos, metodología y resultados que se esperan)

La minería es una de las actividades mas importantes económicamente del Perú, sin embargo, los impactos ambientales que se produce son motivos de conflictos que ponen en riesgo su viabilidad. El uso de mercurio en diferentes estratos de la pequeña minería y minería artesanal principalmente para el proceso de recuperación de oro genera gran contaminación en los entornos tanto en suelo, aire y agua; el objetivo del trabajo es determinar los niveles de contaminación y grado de expansión de Hg en suelos en el área de Chaquiminas en el distrito de Ananea de la región Puno; las muestras de 500 cc se tomaran en una radio de 100 m respecto a la planta de tratamiento para luego ser evaluados en los laboratorios de la Facultad de Ingeniera de Minas de la Universidad Nacional del Altiplano en un analizados DMA-80 Milistone de lectura directa, se considera tomar 30 muestras con 3 réplicas y a partir de ello elaborar un modelo de distribución y expansión utilizando Rstudio que permita hacer un pronóstico de la expansión y zonificación de los niveles de Hg que permitirá iniciar procesos de remediación de acuerdo a la normativa vigente.

- III. Palabras claves (Keywords)** (Colocadas en orden de importancia. Máx. palabras: cinco)

Contaminación por mercurio, minería de oro, sedimentos y relaves.

- IV. Justificación del proyecto** (Describa el problema y su relevancia como objeto de investigación. Es importante una clara definición y delimitación del problema que abordará la investigación, ya que temas cuya definición es difusa o amplísima son difíciles de evaluar y desarrollar)

En la minería de pequeña escala principalmente en la extracción de oro se utiliza el mercurio en el proceso de amalgamación, sin embargo, no existe un uso y control adecuado lo que implica impactos negativos en los ecosistemas, convirtiéndose en uno de los contaminantes mas peligrosos. A pesar de haberse promovido convenios internacionales para la reducción y eliminación del mercurio como es el Convenio de Minamata cuyo objetivo es proteger la salud humana y el medio ambiente estos no se logran alcanzar por diferentes factores.

En la región Puno los mineros de pequeña escala que realizan operaciones en minas subterráneas y superficiales generan emisiones y vertimientos con contenidos de mercurio que no están cuantificados adecuadamente de allí que el objetivo de la investigación es cuantificar la presencia de mercurio en el suelo de la concesión de Chaquiminas del distrito de Ananea, provincia de San Antonio de Putina.

V. Antecedentes del proyecto (Incluya el estado actual del conocimiento en el ámbito nacional e internacional. La revisión bibliográfica debe incluir en lo posible artículos científicos actuales, para evidenciar el conocimiento existente y el aporte de la Tesis propuesta. Esto es importante para el futuro artículo que resultará como producto de este trabajo)

Los suelos se ha convertido en un medio de filtración de metales pesados donde se incluye el mercurio como peligroso, lo que representa un alto riesgo para la salud humana y para el medio ambiente (Järup, 2003); realizar un mapeo de las concentraciones de mercurio resulta indispensable con la finalidad de tener un diagnóstico claro de los niveles de concentración que a la vez permita establecer su asociación a factores climáticos, tipos de suelo o aspectos antropomórficos (Ballabio et al., 2021).

Reportes en Estados Unidos señalan que la distribución de Hg en el suelo estaba asociado sustancialmente a las precipitaciones que se muestran en el carbono orgánico y en el follaje de las plantas y esto tenía relación con la disponibilidad de agua factor fundamental en la absorción de Hg. (Obrist et al., 2016)

Existe una política en todo el mundo para erradicar el uso del mercurio en las actividades del hombre y principalmente las fuentes de origen, en el caso de Estados Unidos se ha incorporado en la limitación de las emisiones las de energía que corresponden principalmente a las centrales de generación eléctrica (Lamborg et al., 2014). Las emisiones producto de las actividades del hombre se mueven mediante la atmósfera como mercurio en estado gaseoso previamente a depositarse en la superficie terrestre siendo un factor influyente el tiempo de allí que la estacionalidad juega rol en este proceso (Jiskra et al., 2018).

Desarrollando un mapeo geoquímico de suelos agrícolas en Europa por el proyecto GEMAS en campos de 33 países con 2108 muestras de suelo en campos arados con un área de 5,6 millones de Km² procesando las muestras en ICP-AES se encontró la presencia de Hg muy próximos a centros urbanos como París y Londres (Reimann et al., 2018).

La minería artesanal y la pequeña minería, es considerada como una de las fuentes más grandes de exposición del ser humano al mercurio, siendo el tipo de actividad que desarrollan y la falta de control y el consumo de determinados alimentos como el pescado que elevan la concentración de mercurio (Hg), así los trabajadores que recuperan el oro en la fase final del proceso que es la amalgama y el refogado los que mayormente están expuestos a contaminarse y absorber Hg, reportes de concentración en los estudios de sangre, orina y cabello así lo determinan (Calao et al., 2021).

VI. Hipótesis del trabajo (Es el aporte proyectado de la investigación en la solución del problema)



Los porcentajes de mercurio de suelo en el área de Chaquiminas supera los límites permisibles establecidos por la normativa ambiental

VII. Objetivo general

Modelar el contenido de mercurio en área de Chaquiminas del distrito de Ananea

VIII. Objetivos específicos

7.1. Determinar las concentraciones de mercurio en suelo con el uso del analizador DMA-80

7.3. Modelar la distribución de mercurio en el área de Chaquiminas

IX. Metodología de investigación (Describir el(los) método(s) científico(s) que se empleará(n) para alcanzar los objetivos específicos, en forma coherente a la hipótesis de la investigación. Sustentar, con base bibliográfica, la pertinencia del(los) método(s) en términos de la representatividad de la muestra y de los resultados que se esperan alcanzar. Incluir los análisis estadísticos a utilizar)

Muestreo

Las muestras de suelo, sedimentos y orgánicos se recogerán entre mayo y junio del 2023 en 30 puntos georeferenciadas cada muestra de acuerdo a áreas de actividad minera de Chaquiminas, recolectándose aleatoriamente 500 g por muestra. Cada sitio de muestreo se elegirá de acuerdo a la proximidad de la mina y el lugar de amalgamación tomando como referencia un radio 100 m. Para la recolección de las muestras de suelo herramientas necesarias como tornillo muestreador (screw auger), espátula (scoops) y pico (Astonitas Carrasco *et al.*, 2021), se usará bolsas negras Whirl – Pac fotosensible previamente esterilizadas cada muestra de suelo se tomará una profundidad de 30 cm por punto, cada punto se localizaran mediante GPS tomándose los datos en la cadena de custodia junto al reporte de datos (Mendoza & Espinoza, 2017).

Para la determinación de mercurio (Hg) en sedimentos se recogerá 500g en botellas de vidrio tipo duquesa utilizando paletas de acero inoxidable, en relaves húmedos se recolectarán del fondo de las pozas primarias, secundarias de sedimentación, mientras que en los chutes se tomarán de los montones alrededor del lavadero de oro tomando un reporte de datos llevándole todas las muestras dentro de un cooler con respectivo refrigerante (Ilek *et al.*, 2019).

Para muestras orgánicas medioambientales se consideraran el punto de amalgamación tomándose un radio de 150 m de Chaquiminas, recolectándose aleatoriamente 500 g por muestra cada muestra implica tener cuidado para lo cual es necesario utilizar guantes de latex o nitrilo, mascarilla y ropa adecuada, los muestreos se realizaran de manera trassecta haciendo un rectángulo dentro de la zona de estudio variando el tipo de vegetación y se hará el muestreo tipo fitosociológico identificando las especies existentes por características geomorfológicas según a la especie dominante para que el muestreo sea representativo se tomara 3 réplicas como mínimo cada una de las muestras serán rotulas apropiadamente con la ubicación, tipo de muestra, fecha y hora de recolección (Chamizo, 2018).

En el laboratorio de Monitoreo y Evaluación Ambiental las muestras de suelo, sedimento y orgánico se llevarán una temperatura de – 60°C para luego pasar al

liofilizador donde se removerá la humedad de las muestras a través del secado en vacío pasando por el proceso de sublimación por un periodo de tiempo de 72 horas, las muestras orgánicas trituradas, sedimentos y suelo pulverizadas antes de pasar por un tamiz de malla -200 μ (Morales Ruano *et al.*, 2019).

Análisis de Mercurio

Para el análisis de Hg total en el suelo, sedimentos y orgánicos se calculará utilizando un analizador directo DMA-80, Direct Mercury Analyzer, en el Método EPA 7473 para matrices sólidas, depositándose una muestra pesada (70 - 90 mg) en un bote (de Niquel), donde el oxígeno de grado regular actúa como gas portador, donde empezará a fluir sobre la muestra 120ml/m (Ferro-Díaz, 2015).

Durante proceso no requiere la conversión de mercurio en iones mercúricos, se llevará directamente a Hg elemental y luego pasará a un amalgamador de oro donde atrapando selectivamente el mercurio total y posteriormente desorbido para la cuantificación (Kaur *et al.*, 2022). El sistema se purga se dará por 60 segundos a una temperatura de 250°C y el amalgamador se calienta posteriormente por 12 segundos a 900°C estabilizándose a 650°C para liberar todos los vapores de mercurio al espectrofotómetro de absorción atómica de longitud de onda fija y haz único (Ozbek & Akman, 2012).

La absorbancia medida a 253,652 nm proporcional al contenido de mercurio en la muestra. Tomará un tiempo de 6min/muestra Para determinar la precisión del método, se considerará 30 muestras de suelo, sedimento y materia orgánica diferentes con tres réplicas de cada muestra para estudiar la concentración (Sardans *et al.*, 2010).

Modelamiento

Se utilizará técnicas de análisis exploratorio de datos para deducir la distribución de los datos, normalidad, análisis para corregir los casos de valores faltantes, detectar valores atípicos que deba descartarse o procurar descubrir un patrón que nos facilite la construcción del modelo. Se ha utilizará el Software R y R Studio para interpolar y modelar los resultados de los análisis

X. Referencias (Listar las citas bibliográficas con el estilo adecuado a su especialidad)

- Ballabio, C., Jiskra, M., Osterwalder, S., Borrelli, P., Montanarella, L., & Panagos, P. (2021). A spatial assessment of mercury content in the European Union topsoil. *Science of The Total Environment*, 769, 144755. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144755>
- Calao, R. C., Bravo, A. G., Paternina, U. R., Marrugo, N. J., & Díez, S. (2021). Occupational human exposure to mercury in artisanal small-scale gold mining communities of Colombia. *Environment International*, 146, 106216. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106216>
- Järup, L. (2003). Hazards of heavy metal contamination. *British Medical Bulletin*, 68(1), 167-182. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldg032>
- Jiskra, M., Sonke, J. E., Obrist, D., Bieser, J., Ebinghaus, R., Myhre, C. L., . . . Worthy, D. (2018). A vegetation control on seasonal variations in global atmospheric mercury concentrations. *Nature Geoscience*, 11(4), 244-250.
- Lamborg, C. H., Hammerschmidt, C. R., Bowman, K. L., Swarr, G. J., Munson,

- K. M., Ohnemus, D. C., . . . Saito, M. A. (2014). A global ocean inventory of anthropogenic mercury based on water column measurements. *Nature*, 512(7512), 65-68.
- Obrist, D., Pearson, C., Webster, J., Kane, T., Lin, C.-J., Aiken, G. R., & Alpers, C. N. (2016). A synthesis of terrestrial mercury in the western United States: Spatial distribution defined by land cover and plant productivity. *Science of The Total Environment*, 568, 522-535.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.11.104>
- Reimann, C., Fabian, K., Birke, M., Filzmoser, P., Demetriades, A., Négrel, P., . . . Sadeghi, M. (2018). GEMAS: Establishing geochemical background and threshold for 53 chemical elements in European agricultural soil. *Applied Geochemistry*, 88, 302-318.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2017.01.021>
- Astonitas Carrasco, L. J., Pariente, E., & Milla Pino, M. E. (2021). Metodología de muestreo de suelos con fines de análisis químico para la detección de metales pesados. *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, 5(2), 77. <https://doi.org/10.25127/aps.20212.772>
- Chamizo, J. A. (2018). Química General (F. de Química (ed.); Primera ed).
http://www.joseantoniochamizo.com/pdf/quimica/libros/002_Quimica_general.pdf
- Ferro-Díaz, J. (2015). Manual revisado de métodos útiles en el muestreo y análisis de la vegetación. *Ecovida*, 5(1), 139–186.
<http://www.bio-nica.info/biblioteca/mostacedo2000ecologiavegetal.pdf>
- Ilek, A., Kucza, J., & Witek, W. (2019). Using undisturbed soil samples to study how rock fragments and soil macropores affect the hydraulic conductivity of forest stony soils: Some methodological aspects. *Journal of Hydrology*, 570(2019), 132–140.
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.12.067>
- Kaur, J., Sharma, I., Zangrando, E., Pal, K., Kumar, S., & Kataria, R. (2022). Fabrication of novel copper MOF nanoparticles for nanozymatic detection of mercury ions. *Journal of Materials Research and Technology*, 22, 278–291.
<https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2022.10.167>
- Mendoza, R., & Espinoza, A. (2017). Guía Técnica para muestreo de suelos. In Universidad Nacional Agraria (Primera ed). Universidad Nacional Agraria y Catholic Relief Services (CRS).
<https://repositorio.una.edu.ni/3613/1/P33M539.pdf>
- Morales Ruano, S., Martín-Peinado, F. J., Estepa Molina, C. M., & Bagur-González, M. G. (2019). A quick methodology for the evaluation of preliminary toxicity levels in soil samples associated to a potentially heavy-metal pollution in an abandoned ore mining site. *Chemosphere*, 222, 345–354. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.01.123>
- Ozbek, N., & Akman, S. (2012). Method development for the determination of fluorine in toothpaste via molecular absorption of aluminum mono fluoride using a high-resolution continuum source nitrous oxide/acetylene flame atomic absorption spectrophotometer. *Talanta*, 94, 246–250.
<https://doi.org/10.1016/j.talanta.2012.03.034>
- Sardans, J., Montes, F., & Peñuelas, J. (2010). Determination of As, Cd, Cu, Hg



and Pb in biological samples by modern electrothermal atomic absorption spectrometry. Spectrochimica Acta - Part B Atomic Spectroscopy, 65(2), 97–112. <https://doi.org/10.1016/j.sab.2009.11.009>

XI. Uso de los resultados y contribuciones del proyecto (Señalar el posible uso de los resultados y la contribución de los mismos)

Los resultados contribuirán para el diagnóstico de los impactos de mercurio en las actividades mineras, así como modelar las áreas de mayor concentración en la zona de proyecto.

XII. Impactos esperados

i. Impactos en Ciencia y Tecnología

A partir de los resultados y diagnóstico se propondrá alternativas de reemplazo de tecnologías de recuperación de oro de gravas auríferas con tendencia a la eliminación del uso de mercurio.

ii. Impactos económicos

Económicamente reflejará en el precio del metal precioso en la comercialización que sube relativamente de acuerdo a la trazabilidad de cero contaminante.

iii. Impactos sociales

Los problemas sociales se verán disminuidos en las áreas de impacto indirecto al eliminar la utilización de mercurio en la recuperación o beneficio. Permitirá concientizar a los operadores mineros de la zona para cambiar las tecnologías de recuperación.

iv. Impactos ambientales

Al determinar las zonas de impacto directo e indirecto por la utilización de mercurio, permitirá gestionar el manejo y eliminación en su uso permitiendo un impacto positivo.

XIII. Recursos necesarios (Infraestructura, equipos y principales tecnologías en uso relacionadas con la temática del proyecto, señale medios y recursos para realizar el proyecto)

Concesiones mineras de la zona Chaquiminas del distrito de Ananea- provincia de San Antonio de Putina – región Puno.
Unidad de transporte para traslado de muestras.
Embaces
Laboratorio de Monitoreo Evaluación Ambiental de la FIM – UNA Puno.
Analizador Directo de Mercurio DMA 80evo (certificado, calibrado)



Balanza analítica electrónica de precisión
Liofilizador
Equipos e instrumento de laboratorio.
Insumos químicos de laboratorio para análisis
Medios de transporte para el traslado de muestras requeridas de la zona del proyecto al laboratorio.
Recurso humano especializado

XIV. Localización del proyecto (indicar donde se llevará a cabo el proyecto)

El proyecto se localizará en el área de Chaquiminas, del distrito de Ananea, provincia de San Antonio de Putina y región Puno.

XV. Cronograma de actividades

Actividad	Trimestre			
	1er	2do	3er	4to
Elaboración de perfil de proyecto				
Elaboración de mapa de puntos de monitoreo				
Acopio de muestras de suelo, sedimento y orgánicos				
Preparación de muestras para el proceso analítico				
Liofilización de muestras orgánicas				
Proceso de análisis químico por Hg de las muestras				
Análisis de los resultados				
Preparación y desarrollo del artículo				

XVI. Presupuesto

Descripción	Unidad de medida	Costo Unitario (S/.)	Cantidad	Costo total (S/.)
Material de Escritorio	global	400	1	400
Movilidad para la recolección de muestra.	global	3000	1	3000
Ensayos de laboratorio	global	6000	1	4000
Equipos de cómputo.	global	2000	1	2000
Insumos químicos	global	3000	1	3000
Envases para recojo de muestras	global	200	1	200
Costos de edición y publicación	global	5000	1	3000
Imprevistos	global	500	1	900
TOTAL				16,500