



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERECTORADO DE
INVESTIGACION Y PROYECCION SOCIAL



PROYECTOS DE INVESTIGACION (Internos, Semilla, Inter y Multidisciplinarios, Externos)

Área del proyecto: Ciencias Básicas Ciencias Aplicadas

FACULTAD: Ingeniería Química y Agroindustria

DEPARTAMENTO: Metalurgia Extractiva (DEMEX)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Impacto de efluentes en aguas y suelos
(verificable en el saew)

1 Proyecto de Investigación Semilla

Título: Evaluación de procesos no convencionales para depuración de relaves sulfurados contaminados con metales pesados

Resumen del proyecto (máximo 200 palabras)

La pequeña minería ecuatoriana genera diariamente más de 100 ton/ día de relaves sulfurados, que son residuos de las actividades de extracción de metales preciosos. Los relaves contienen especialmente pirrotina, calcopirita, piritita y galena además de silicatos, estos materiales son abandonados por largos períodos en piscinas de construcción precaria, generando altos niveles de contaminación por drenaje ácido y causando daños irreversibles al medio ambiente aledaño.

En este trabajo se evaluarán los procesos de fitorremediación, remediación electrocinética y lavado de suelos como técnicas no convencionales de depuración de relaves de minería de matriz sulfurada, contaminados con metales pesados como Cu, Zn y Pb. Para la *fitorremediación* se aprovechará la capacidad que tienen ciertas plantas para remover metales pesados; en la *remediación electrocinética* se utilizarán las propiedades conductivas del suelo mediante la aplicación de una corriente eléctrica de baja intensidad para la depuración de metales y en el *lavado de suelos* se removerán física y químicamente los contaminantes con soluciones extractantes. Una vez definida la técnica de depuración más eficiente se realizará una evaluación económica preliminar para una instalación de 100 ton/día de capacidad.

Palabras clave (3-5): Fitorremediación, electrocinética, lavado con extractantes

4	<p>Objetivos, hipótesis y resultados esperados de esta propuesta de investigación</p> <p>– Objetivos</p> <p><i>Objetivo general</i></p> <p>Evaluar procesos no convencionales para depuración de relaves sulfurados contaminados con metales pesados</p> <p><i>Objetivos específicos</i></p> <ul style="list-style-type: none">– Caracterizar física, química y mineralógicamente los relaves sulfurados representativos de la zona minera de Ponce Enríquez (Provincia de El Oro).– Evaluar la remediación del relave sulfurado contaminado con metales pesados (cobre, zinc y plomo) por tres diferentes métodos de depuración: a) fitorremediación, b) remediación electrocinética y c) lavado de suelos.– Definir el diagrama de flujo correspondiente al método de remediación seleccionado.– Evaluar de manera preliminar el costo – beneficio de la implementación del método de tratamiento seleccionado para la remediación de 100 toneladas de relaves sulfurados contaminados con cobre, zinc y plomo.– Difundir la información obtenida a empresarios y profesionales que trabajan en el área del tratamiento de relaves sulfurados a través de publicaciones técnicas. <p>Hipótesis</p> <ul style="list-style-type: none">– Es factible depurar relaves sulfurados contaminados con metales pesados, usando tres diferentes métodos de depuración: a) fitorremediación, b) remediación electrocinética y c) lavado de suelos.– Uno de los procesos evaluados tiene potenciales aplicaciones en la depuración de relaves sulfurados contaminados con metales pesados a causa de la actividad minera ecuatoriana. <p>Resultados esperados</p> <ul style="list-style-type: none">– Se dispone de un método de depuración de relaves sulfurados contaminados con metales pesados, factible de aplicar en Ecuador.– Se han definido otras potenciales aplicaciones industriales del proceso desarrollado para el tratamiento de sólidos contaminados con metales pesados.– Empresarios y profesionales que trabajan en el área del tratamiento de suelos tienen conocimiento de las técnicas desarrolladas a través de publicaciones técnicas.
---	---

	<p style="text-align: center;">Potenciales usuarios</p> <p>Esta investigación tendrá como potenciales usuarios a profesionales, empresarios y estudiantes que trabajan en el campo del tratamiento de efluentes sólidos, específicamente en la depuración de relaves sulfurados contaminados por actividades mineras, pues se planteará una solución viable para su aplicación en Ecuador. En este caso se analizarán relaves contaminados por actividades relacionadas con la pequeña minería, que constituye un importante sector productivo ecuatoriano y lamentablemente uno de los que más contaminación ambiental genera. Es importante señalar que aunque el campo de aplicación de la técnica que se desarrollará es muy específico, el proceso brindará la posibilidad de aplicación de resultados a otros tipos de materiales sólidos contaminados con metales pesados generados en diversas actividades industriales.</p> <p>Adicionalmente, el DEMEX tiene como línea de investigación el estudio del “<i>Impacto de efluentes en aguas y suelos</i>”, el avance en el trabajo sobre métodos de depuración de suelos permitirá afianzar la investigación que se realiza en este campo y además la posibilidad de aplicar los resultados obtenidos para futuros proyectos de investigación que se generarán a partir de los procesos que se definan en el marco del desarrollo de este trabajo.</p> <p>Empresas mineras como El Corazón, Liga de Oro y El Diamante, han manifestado su interés en el desarrollo de nuevos procesos de tratamiento de relaves sulfurados, ya que actualmente dichos relaves constituyen una potencial fuente de impacto ambiental por la elevada concentración de metales pesados que contienen y los evidentes problemas asociados a su interacción con el ambiente circundante.</p>
5	<p>Relevancia de esta propuesta de investigación con los objetivos científicos del departamento y su Línea de Investigación.</p> <p>El Departamento de Metalurgia Extractiva (DEMEX) desarrolla investigaciones aplicadas en el área de recursos minerales y medio ambiente, con principal atención en el procesamiento de minerales, metalurgia extractiva, tratamiento de efluentes y reciclaje de materiales industriales. Una de sus líneas de investigación es el estudio del “<i>Impacto de efluentes en aguas y suelos</i>”, que es el campo en el cual se enmarca este trabajo y que contribuirá evidentemente a fortalecer esta línea de investigación en el DEMEX. Los relaves mineros sulfurados constituyen un problema ambiental serio que no ha sido solucionado, debido a su magnitud, ya que por ejemplo, solamente en la zona de La López, yacimiento Ponce Enríquez, se han acumulado hasta la fecha más de 200 000 toneladas de este tipo de residuos.</p> <p>En esta investigación, tanto los objetivos como los resultados esperados, se han planteado en base a las características de un “<i>proyecto semilla</i>”. El desarrollo de este trabajo permitirá disponer de una metodología para remediación de relaves sulfurados contaminados con metales pesados para su depuración, con técnicas factibles de aplicar en el Ecuador, además cumpliendo la normativa ambiental vigente. Las posibilidades de aplicación industrial del proceso que será desarrollado, para el campo de la minería, señalan la importancia de la ejecución de esta investigación tanto para el DEMEX como para el sector profesional y empresarial.</p> <p>Impacto del proyecto en el medio académico, social, sectorial o tecnológico.</p> <p>La explotación minera constituye una de las actividades de mayor impacto ambiental ya que genera cantidades importantes de residuos sólidos y líquidos que por lo general contienen metales tóxicos como Pb, As, Sb, Cd, Se, Bi, etc., además de sulfuros como pirita, arsenopirita y pirrotina, minerales de ganga como silicatos y carbonatos y residuos de minerales sulfurados de interés que no pudieron ser recuperados por los métodos convencionales de extracción. (Urbano, Reyes, Veloz, Canales y González, 2007, p. 2; Sepúlveda, Pavez y Tapia, 2012).</p> <p>Uno de los casos más críticos en nuestro país es la industria minera que genera efluentes sólidos altamente contaminados por metales pesados como Cu, Zn, Cr, Pb, Cd, Hg, que no reciben ningún tratamiento y que son dispuestos en una especie de piscinas conocidas como “relaveras”. Estos materiales se encuentran en ambientes que proporcionan condiciones oxidantes y debido a que contienen minerales ricos en sulfuros de hierro y saturados de agua, se producirá rápidamente la oxidación de dichos sulfuros, dando como resultado la producción de minerales como goetita, jarosita, hematita, etc. y la consecuente migración de elementos contaminantes a las zonas circundantes.</p>

En este contexto, es imperativo establecer métodos de tratamiento de relaves contaminados que consideren la tecnología existente en el país y traten en su real dimensión la problemática de la afectación ambiental ocasionada por la minería metálica en el Ecuador. En el caso de esta investigación se evaluarán tres técnicas de depuración sobre minerales sulfurados, que constituyen el tipo más peligroso de residuos sólidos mineros. La técnica a evaluar son: 1) Fitorremediación, 2) Remediación electrocinética y 3) Lavado con soluciones extractantes. Los trabajos que se han realizado a nivel nacional para descontaminar estos sitios no han sido los suficientes, por ello este trabajo presenta diferentes alternativas tecnológicas que se ajustan a las características específicas de este tipo de contaminación y cuya implementación puede resultar satisfactoria.

Si consideramos la cantidad de empresas que generan efluentes sólidos contaminados con metales pesados (fundidoras, curtiembres, textileras, recicladoras, etc.) son evidentes las perspectivas de desarrollo de futuras investigaciones que pueden generar los resultados de este proyecto en nuestro país.

Además, si se contempla la difusión, a nivel nacional, de los resultados preliminares obtenidos a empresarios y profesionales que trabajan en el área del tratamiento de efluentes industriales, prácticamente se podría asegurar la aplicación del proceso desarrollado en este proyecto semilla.

6 **Descripción del proyecto, metodología, cronograma de trabajo y justificación del equipo requerido**

Descripción del proyecto (Máximo una carilla)

La pequeña minería ecuatoriana genera diariamente grandes cantidades de relaves sulfurados (> 100 ton/día) producto de las actividades de extracción de metales preciosos. Los minerales sulfurados han sido previamente sometidos a procesos de reducción de tamaño concentración gravimétrica y cianuración y una vez finalizado el proceso extractivo los residuos son confinados (por varios años) en precarias "piscinas" sin protección al medio ambiente circundante. Estos materiales debido a las condiciones ambientales reinantes y a su contenido de humedad (>20%) generan rápidamente ambientes ácidos (pH< 5) y la rápida migración de especies a su alrededor. Por lo tanto los relaves mineros sulfurados constituyen un problema ambiental serio que no ha sido solucionado hasta ahora, debido a su magnitud; ya que solamente en la zona de La López, (yacimiento Ponce Enríquez) se han acumulado hasta la fecha más de 200 000 toneladas de este tipo de residuos que contienen alrededor del 15% de sulfuros especialmente pirrotina y pirita, que al ser abandonados por largos períodos en piscinas sin protección, generan altos niveles de contaminación por drenaje ácido además de la potencial ruptura de presas que causan daños irreversibles al medio ambiente aledaño.

Hasta la fecha, a nivel nacional, prácticamente no se han realizado trabajos para descontaminar relaveras con niveles elevados de metales pesados, por ello este trabajo se presentan diferentes alternativas tecnológicas que se ajustan a las características específicas de este tipo de contaminación y cuya implementación puede resultar satisfactoria.

Se evaluarán los procesos de fitorremediación, remediación electrocinética y lavado de suelos como técnicas no convencionales de remediación de relaves de minería de matriz sulfurada, contaminados con Cu, Zn y Pb. Cada una de las mencionadas técnicas tiene una acción diferente sobre la eliminación de metales pesados, como se puede ver a continuación:

- Fitorremediación: se basa en la capacidad que tienen ciertas plantas remover, absorber, transformar y retener contaminantes. Estas especies vegetales emplean diversos mecanismos que les permiten acumular metales pesados en sus raíces, tallos u hojas (Ortiz et al., 2007, Volke y Velasco, 2002).

- Remediación electrocinética: aprovecha las propiedades conductivas del suelo para lograr la extracción de contaminantes mediante la aplicación de una corriente eléctrica de baja intensidad entre dos electrodos colocados en el sustrato y que permite que los iones positivos y negativos se desplacen hacia el ánodo o el cátodo respectivamente (Ortiz et al., 2007).

-Lavado de suelos: es un tratamiento ex situ cuyo fin es remover física y químicamente los contaminantes orgánicos e inorgánicos del suelo empleando diferentes soluciones extractantes que facilitan la desorción o solubilización de dichos contaminantes (Ortiz et al., 2007, Volke y Velasco, 2002). Martínez, Núñez y Vong, 2005, determinaron que las soluciones extractantes que se suelen emplear son agentes ácidos y quelantes como el EDTA, el ácido cítrico, el acetato de amonio, entre otros.

**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CONSEJO ACADÉMICO**

- 5 -

Los relaves sulfurados afectados por la presencia de metales pesados son muy comunes en las zonas mineras de nuestro país y por tanto la difusión de la información y resultados generados a empresarios y profesionales ecuatorianos que trabajan en el área del tratamiento de sólidos, por medio de publicaciones técnicas será muy útil para su posterior aplicación.

- Metodología y diseño de la investigación (Máximo una carilla)

Con este fin se seguirá el procedimiento que se resume a continuación:

a) Caracterización física, química y mineralógica de relaves sulfurados contaminado: Se emplearán relaves sulfurados representativos de la zona minera de Ponce Enríquez (El Oro). Se realizarán determinaciones de la densidad real, aparente, humedad, pH, granulometría y contenido de Al, Fe, Mg, Ca, Na, K, por absorción atómica (equipo A. Analyst 300). La caracterización mineralógica se efectuará por difracción de rayos X (equipo D8 Advance). La evaluación del grado de contaminación de los relaves sulfurados se realizará mediante la aplicación del test TCLP (EPA 1311) con la determinación del contenido de As, Ba, Cd, Cr, Hg, Ni, Ag, Se, Co, Pb y Zn de acuerdo a la Ordenanza 213 del Distrito Metropolitano de Quito.

b) Evaluación de la remediación del relave sulfurado por fitorremediación, remediación electrocinética y lavado con extractante: La aplicación de cada uno de los métodos de remediación se realizará como sigue:

- Fitorremediación: en este caso se usarán dos especies de pastos para la descontaminación, estos son: i) *Lolium perenne* (rye grass), ii) *Pennisetum purpureum* (pasto elefante). Para el desarrollo de las especies se emplearán bandejas divididas en cuadrículas de 2 cm de arista y en forma de cono con una abertura en el extremo inferior que permitirá la salida de las raíces una vez que haya germinado la planta. En cada cono se colocará relave contaminado y se plantarán de cuatro a cinco semillas de pastos que se cubrirán con el mismo relave. Se empleará la composición sugerida por Favela, Preciado y Benavides (2006) para la humectación de las semillas con solución nutritiva. Una vez que las plantas hayan germinado y desarrollado se pondrán en contacto con el relave sulfurado contaminado dispuesto en recipientes plásticos con un área de 24 cm x 15 cm cada uno, donde continuará el desarrollo de sus raíces. Se llevará un control semanal del crecimiento del pasto y se tomarán muestras cada quince días para determinar la concentración remanente de los contaminantes.

- Remediación electrocinética: El relave sulfurado contaminado se humectará con una solución 0.1 M de sulfato ferroso (FeSO_4) y se empleará una celda de vidrio de aproximadamente 2000 cm^3 dividida en 8 secciones, se emplearán electrodos de grafito de 0.5 cm de espesor que serán colocados a 3 cm de las paredes laterales de manera que la celda tendrá un compartimento central donde se colocará el relave y un compartimento en cada extremo que servirá para colocar los pozos catódico y anódico que corresponden a 100 mL de solución 0.1 M de sulfato de sodio (Na_2SO_4) y 100 mL de solución 0.1 M de sulfato de amonio [$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$] respectivamente (Morillo 2006). Una vez instalada la celda se aplicará un potencial constante de 10 V empleando una fuente de poder de corriente continua por el lapso de cinco días. Durante este tiempo se medirá periódicamente el pH de las soluciones y se tomarán alícuotas para establecer el perfil de concentración de Cu, Zn y Pb mediante análisis por absorción atómica. Transcurrido el tiempo de tratamiento se fraccionará el suelo de la celda y cada fracción se someterá a ensayos TCLP y se analizará la concentración remanente de Cu, Zn y Pb en los extractos mediante absorción atómica. Los resultados del ensayo de electrorremediación para matrices sulfuradas se compararán con los resultados de electrorremediación para matrices andesíticas obtenidos por Aragón (2013).

- Lavado de suelos empleando agente extractante: se realizará de acuerdo a la metodología sugerida por Martínez, Núñez, Vong, Avelar y Rodríguez (2005) para lo cual se tomarán muestras de relave sulfurado, se acondicionará con soluciones 0.05, 0.1 y 0.2 M del agente extractante EDTA en una relación 1:10, luego se llevará a un tanque durante 8, 16 y 24 horas con agitación constante de 300 rpm para provocar la solubilización de los metales. Se realizará un nuevo lavado durante los mismos periodos con agua en una relación 1:10 respecto al relave para eliminar los residuos del agente extractante, se filtrará y se determinará la concentración de Cu, Zn y Pb remanente mediante un análisis de absorción atómica del filtrado.

c) Definición del diagrama de flujo del proceso y dimensionamiento de los equipos para el método de remediación seleccionado: Una vez establecida la técnica de depuración que brinde las mejores condiciones de descontaminación, se definirá el diagrama de flujo para el tratamiento del relave sulfurado contaminado y se realizará el dimensionamiento de los equipos requeridos de acuerdo al tratamiento seleccionado.

**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CONSEJO ACADÉMICO**

- 6 -

d) Análisis del costo-beneficio de la implementación del tratamiento de remediación seleccionado: Para evaluar el costo-beneficio del proyecto se analizará de manera preliminar el costo de la adquisición de los equipos de acuerdo a la tecnología de remediación seleccionada.

e) Tratamiento estadístico de datos y publicaciones para difusión de resultados: Para el procesamiento de los resultados obtenidos se emplearán métodos estadísticos como el análisis de varianza global (ADEVA o ANOVA) y el Test t-Student, según cada caso particular. Además se elaborarán documentos técnicos para su publicación y difusión en espacios específicos a nivel nacional, como congresos y seminarios.

Referencias bibliográficas

- Aragón, C. *Diseño a escalas laboratorio y piloto de un sistema de remediación electrocinética de suelos contaminados con metales pesados*. (Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Químico no publicada). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Favela, E.; Preciado, P. y Benavides, A. (2006). *Manual para la preparación de soluciones nutritivas*. Torreón, México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Martínez V.; Núñez, R.; Vong, Y.; Avelar, F. y Rodríguez, F. (2005). *Lavado de suelo contaminado con plomo y recuperación electroquímica del plomo*. Aguascalientes, México: Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, S.C.
- Murillo, B. (2006). *Diseño de un dispositivo para evaluar y caracterizar la electrorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos*. (Tesis previa a la obtención del Grado de Maestro en Ciencias no publicada). Universidad Autónoma Metropolitana, México D.F., México.
- Ortiz, B.; Sanz, J.; Dorado, M. y Villar, S. (2007). Técnicas de recuperación de suelos contaminados. *Informe de vigilancia tecnológica. Universidad de Alcalá del Circulo de Innovación en tecnologías Medioambientales y Energía (CITME)*. 1(6). Recuperado de http://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/vt/vt6_tecnicas_recuperacion_suelos_contaminados.pdf (Octubre, 2013).
- Sepúlveda, B.; Pavez, O. y Tapia, M. (2012). Fitoextracción de metales pesados desde relaves utilizando plantas de *Salicornia* sp. *Revista de la Facultad de Ingeniería*. 1(28), 20-26. Recuperado de <http://www.revistaingenieria.uda.cl/Publicaciones/280003.pdf> (Octubre, 2013).
- Urbano, G.; Reyes, V.; Veloz, M.; Canales, C. y González, I. (2007). Caracterización electroquímica de suelos contaminados por residuos mineros (jales). En XXII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Electroquímica, México D.F., México. Recuperado de http://www.uaeh.edu.mx/investigacion/icbi/LI_Rec_Corr/maria_veloz/SMEQ158.pdf (Octubre, 2013).
- Volke, T. y Velasco, J. (2002). *Tecnologías de remediación para suelos contaminados*. México D.F., México: Instituto Nacional de Ecología INE-SEMARNAT.

Cronograma de trabajo anual

Actividad	MESES					
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
Revisión bibliográfica						
Compra de equipos y reactivos						
Toma de muestras de relaves sulfurados contaminados con metales pesados						
Caracterización de muestras de relaves						
Ensayos de remediación de relaves sulfurados por fitoremediación						
Ensayos de remediación electrocinética de relaves sulfurados por						
Ensayos de remediación de relaves sulfurados por lavado						
Definición de diagrama de flujo y dimensionamiento de equipos						
Evaluación y procesamiento de resultados						
Elaboración de publicaciones técnicas y difusión de resultados						

**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CONSEJO ACADÉMICO**

- 7 -

	<p align="center">- Justificación del equipo requerido</p> <p>i) El proyecto contempla la caracterización físico química de muestras de relaves, para esto se requieren análisis por absorción atómica y por tanto lámparas de cátodo hueco para efectuar las determinaciones del contenido al inicio y final del proceso.</p> <p>ii) Uno de los parámetros más importantes a utilizar es el pH y la conductividad, por este motivo se comprarán varios medidores multiparámetros, que son una herramienta fundamental de cada ensayo.</p>															
7	<p>Fecha de inicio</p> <p>El proyecto iniciará el 1 de julio 2014</p>															
8	<p>Tiempo dedicación docentes, infraestructura, equipamientos y fondos adicionales.</p> <p>- Tiempos de dedicación semestral del Director de proyecto, de los docentes participantes y otros colaboradores. (Máximo 200 horas por semestre para el Director y 100 horas por semestre para los docentes colaboradores)</p> <table border="1" data-bbox="415 860 1425 1025"> <thead> <tr> <th>Participantes</th> <th>Función</th> <th>Tiempo de dedicación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Alicia Guevara Caiquetán</td> <td>Directora de proyecto</td> <td>200 horas/ semestre</td> </tr> <tr> <td>Ernesto de la Torre Chauvín</td> <td>Docente Colaborador</td> <td>100 horas /semestre</td> </tr> <tr> <td>Evelyn Criollo Tirado</td> <td>Analista colaborador</td> <td>50 horas /semestre</td> </tr> <tr> <td>Tesista – pregrado</td> <td>Auxiliar de laboratorio</td> <td>440 horas /semestre</td> </tr> </tbody> </table> <p>- Infraestructura y equipos disponibles para la ejecución del proyecto</p> <p>El Departamento de Metalurgia Extractiva de la EPN posee un equipamiento completo en sus laboratorios para el análisis físico químico y mineralógico. Dispone de infraestructura para el procesamiento de minerales, ensayos metalúrgicos y ensayos de tratamiento de efluentes. Además cuenta con acceso a Internet y a bibliografía especializada en su área de trabajo.</p> <p>Disponemos de dos equipos de absorción atómica Perkin Elmer AAnalyst 200, AAnalyst 300 con horno de grafito y muestreadores automáticos, microscopios ópticos (luz reflejada y transmitida), un difractor de rayos X (D8 Advance- Bruker) para análisis mineralógicos, un microscopio electrónico de barrido con micro-analizador de rayos X (Tescan- Bruker), espectrofotometría de chispa (Q4- Bruker), espectrofotometría HACH, así como equipamiento completo para preparación de muestras, estufas, muflas, picnómetros, tamices, agitadores y materiales para análisis y tratamiento de efluentes líquidos. Contamos además con una planta piloto completa de procesamiento de minerales de 2 ton/día de capacidad</p> <p>El DEMEX cuenta con un sólido grupo de investigadores (Doctores y Master en Ciencias en universidades europeas y estadounidenses) analistas y asistentes con experiencia en la ejecución de proyectos de investigación con financiamiento nacional e internacional.</p>	Participantes	Función	Tiempo de dedicación	Alicia Guevara Caiquetán	Directora de proyecto	200 horas/ semestre	Ernesto de la Torre Chauvín	Docente Colaborador	100 horas /semestre	Evelyn Criollo Tirado	Analista colaborador	50 horas /semestre	Tesista – pregrado	Auxiliar de laboratorio	440 horas /semestre
Participantes	Función	Tiempo de dedicación														
Alicia Guevara Caiquetán	Directora de proyecto	200 horas/ semestre														
Ernesto de la Torre Chauvín	Docente Colaborador	100 horas /semestre														
Evelyn Criollo Tirado	Analista colaborador	50 horas /semestre														
Tesista – pregrado	Auxiliar de laboratorio	440 horas /semestre														
9	<p align="center">Presupuesto estimado para la ejecución del presente proyecto</p> <p>Se recomienda que los costos de los equipos, reactivos y materiales de laboratorio, estén sustentados con proformas actuales</p> <table border="1" data-bbox="298 1727 1528 2069"> <thead> <tr> <th>Lista de ítems (por favor especifique)</th> <th>Cantidad solicitada (US \$)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Contratación de pasantes Se contratará un pasante (estudiante EPN)</td> <td align="right">2500,00</td> </tr> <tr> <td align="right">Subtotal</td> <td align="right">2500,00</td> </tr> <tr> <td>2. Equipos - Dos lámparas de cátodo hueco (absorción atómica) (2340,80 USD\$) - Dos pH-metro medidores multi-paramétricos (504,00 USD\$) - Dos pH-metros portátiles (333,76 USD\$) - Dos pH-metros portátil (con medidor ORP) (533,52 USD\$)</td> <td align="right">3712,08</td> </tr> <tr> <td align="right">Subtotal</td> <td align="right">3712,08</td> </tr> </tbody> </table>	Lista de ítems (por favor especifique)	Cantidad solicitada (US \$)	1. Contratación de pasantes Se contratará un pasante (estudiante EPN)	2500,00	Subtotal	2500,00	2. Equipos - Dos lámparas de cátodo hueco (absorción atómica) (2340,80 USD\$) - Dos pH-metro medidores multi-paramétricos (504,00 USD\$) - Dos pH-metros portátiles (333,76 USD\$) - Dos pH-metros portátil (con medidor ORP) (533,52 USD\$)	3712,08	Subtotal	3712,08					
Lista de ítems (por favor especifique)	Cantidad solicitada (US \$)															
1. Contratación de pasantes Se contratará un pasante (estudiante EPN)	2500,00															
Subtotal	2500,00															
2. Equipos - Dos lámparas de cátodo hueco (absorción atómica) (2340,80 USD\$) - Dos pH-metro medidores multi-paramétricos (504,00 USD\$) - Dos pH-metros portátiles (333,76 USD\$) - Dos pH-metros portátil (con medidor ORP) (533,52 USD\$)	3712,08															
Subtotal	3712,08															

**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CONSEJO ACADÉMICO**

- 8 -

3.	Reactivos y materiales de laboratorio - Soluciones buffer, sílica, indicadores, agitadores, capsulas (737,22 USD\$) - Estándares para absorción atómica (627,20 USD\$) - Varillas de agitación de 8 mm y 7 mm (333,76 USD\$)	1698,18
	Subtotal	1698,18
4.	Literatura especializada	1000,00
	Subtotal	1000,00
5.	Viajes técnicos y de muestreo	1000,0
	Subtotal	1000,00
6.	Presentación de ponencias en congresos internacionales	
	Subtotal	
	TOTAL (hasta US\$ 10.000,00 más IVA)	9910,26
10	Firma del aplicante	Lugar y Fecha
	 Nombre: Alicia GUEVARA CC: 1711173045	Quito, 21 de mayo 2014
DECLARACION DEL JEFE DE DEPARTAMENTO		
<p>Esta propuesta ha sido aprobada por el Consejo del Departamento de Metalurgia Extractiva, en Sesión del 13 de junio del 2014 mediante Resolución No. 05- 14 y las instalaciones, incluyendo personal, edificios, equipo y recursos financieros están a disposición del aplicante de acuerdo con las especificaciones que se encuentran en esta aplicación.</p>		
 JEFE DEL DEPARTAMENTO (Subrogante) Nombre: Ing. Diana Endara CC: 171561104 - 0		<u>Quito 12 junio 2014</u> (lugar y fecha)