

## PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

### DATOS INFORMATIVOS

Proyecto Interno  Proyecto Semilla  Proyecto Junior  Proyecto Multi e Inter Disciplinario

Título del proyecto:  
Desarrollo de catalizadores basados en óxidos de cobalto para la oxidación del ion cianuro

Investigación básica  Investigación aplicada  Investigación pedagógica  Innovación   
**DEPARTAMENTO(S):**  
 1. Departamento de Metalurgia Extractiva  
 2.  
**LÍNEA(S) DE INVESTIGACIÓN (verificable en el SAEW):**  
 1. Carbones activados, adsorbentes y catalizadores  
 2.

Resumen de información del director y colaboradores del proyecto		
<u>Director</u>		
<b>Apellidos y nombres</b>	<b>Departamento</b>	<b>Título de mayor nivel (Ing., M.Sc., Ph.D)</b>
DE LA TORRE CHAUVIN Ernesto Hale	Metalurgia Extractiva	Ph.D.
<u>Colaborador(es)</u>		
<b>Apellidos y nombres</b>	<b>Departamento</b>	<b>Título de mayor nivel Ing., M.Sc., Ph.D)</b>
GUEVARA CAIQUETAN Alicia del Carmen	Metalurgia Extractiva	Ph.D.
ENDARA DRANISHNIKOVA Diana	Metalurgia Extractiva	Ph.D.

## PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Proyecto Interno  Proyecto Semilla  Proyecto Junior  Proyecto Multi e Inter Disciplinario

Investigación Básica  Investigación Aplicada  Investigación Pedagógica  Innovación

**DEPARTAMENTO(S):**

1. Departamento de Metalurgia Extractiva

**LINEA(S) DE INVESTIGACIÓN:**

1. Carbones activados, adsorbentes y catalizadores
- 2.

**1 Proyecto de Investigación**

**Título:**

Desarrollo de catalizadores basados en óxidos de cobalto para la oxidación del ion cianuro

**Resumen del proyecto (máximo 200 palabras)**

Este proyecto se enfoca en la síntesis de óxidos de cobalto  $\text{Co}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Co}_3\text{O}_4$  y óxidos dobles cobalto hierro  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  masivos y dispersos en la estructura porosa de carbón activado, para la oxidación catalítica del ion cianuro de soluciones sintéticas.

Se realizará la síntesis de los óxidos de cobalto y hierro por precipitación de soluciones de  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{NaOCl}$  en diferentes proporciones y una posterior calcinación entre 100 y 900 °C y además impregnación de estas sales en carbón activado y luego calcinación.

Se caracterizarán los diversos óxidos de cobalto y hierro obtenidos mediante técnicas de difracción de rayos X (DRX), fluorescencia de rayos x (FRX), microscopía electrónica (MEB-EDS), análisis de superficie específica BET, espectrofotometría de absorción atómica (AA) y microscopía óptica, con el fin establecer las estructuras y composiciones mas ventajosas para la actividad catalítica.

Se realizarán ensayos de oxidación de soluciones sintéticas de 500 mg/l NaCN a pH 10,5 controlado con NaOH y también se realizarán ensayos con la inyección de 290 Ncm<sup>3</sup>/min de aire. Se evaluará la velocidad de disminución de la concentración del CN<sup>-</sup> en función del tiempo, mediante titulación con  $\text{AgNO}_3$  y IK como indicador y se evaluará la disolución del Co y Fe mediante espectrofotometría de absorción atómica (AA).

**Palabras clave (4-6):**

Óxidos cobalto, oxidación cianuro



<b>2</b>	<b>Objetivos, relevancia, productos y resultados esperados de esta propuesta de investigación</b>
	<p><b>2.1 Objetivos</b></p> <p><b>2.1.1 Objetivo General</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Desarrollar catalizadores basados en óxidos de cobalto para la oxidación del ion cianuro.</li><li>•</li></ul> <p><b>2.1.2 Objetivos Específicos</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>a. Sintetizar diversos óxidos de cobalto y óxidos dobles de cobalto-hierro masivos y dispersos en la estructura porosa de carbón activado.</li><li>b. Caracterizar los diversos óxidos de cobalto sintetizados.</li><li>c. Realizar ensayos de oxidación de soluciones alcalinas de NaCN con los óxidos de cobalto sintetizados.</li></ol> <p><b>2.2 Detalle de los resultados esperados (con relación a los objetivos)</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>a. Disponer de óxidos de cobalto <math>\text{Co}_2\text{O}_3</math>, <math>\text{Co}_3\text{O}_4</math> y óxidos dobles cobalto hierro <math>\text{CoFe}_2\text{O}_4</math> masivos y dispersos en la estructura porosa de carbón activado, caracterizados química, mineralógica y estructuralmente.</li><li>b. Contar con resultados de la actividad catalítica de los óxidos de cobalto respecto a la oxidación del ion cianuro de soluciones sintéticas.</li></ol>

<b>3</b>	<b>Relevancia de la propuesta de investigación y su relación con la(s) líneas de investigación</b>
	<p>El desarrollo de nuevos materiales que tengan actividad catalítica oxidante es de gran importancia para diversos procesos industriales y se puede aplicar en la oxidación del ion cianuro presente en los efluentes del procesamiento hidrometalúrgicos de minerales auríferos.</p> <p>El tratamiento de efluentes cianurados es indispensable para evitar severos daños ambientales provocados por el ion cianuro, sin embargo actualmente el empleo de métodos oxidantes mediante <math>\text{H}_2\text{O}_2</math>, el ácido de Caro (<math>\text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4</math>) y <math>\text{SO}_2</math> con <math>\text{Cu}^{2+}</math> (Proceso INCO) son costos, razón por la cual la aplicación de procesos catalíticos oxidantes heterogéneos podrían ser una alternativas más barata para tratar estos efluentes cianurados (De la Torre et al., 2007, p.47, Velásquez-López P et al., 2011, p 227).</p> <p>Actualmente, nuevas investigaciones como la aplicación de aire-carbón activado y aire-carbón activado dopado con cobre (De la Torre et al., 2007, p.53), son prometedoras para su aplicación industrial futura con costos sustancialmente inferiores, lo que demuestran que los procesos catalíticos podrían ser más eficientes.</p> <p>Algunos óxidos de cobalto presentan actividad catalítica oxidante (Stoyanova M. et al., 2004, p.274), por tanto probarlos de manera masiva y dispersa en carbón activado podría ser una nueva opción para tratar los efluentes cianurados.</p>



<b>4</b>	<b>Productos esperados</b>
	<p>a. Publicaciones científicas (obligatorio); <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>b. Disertación a la Comunidad Politécnica; <input type="checkbox"/></p> <p>c. Proyecto de Titulación; <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>d. Tesis de Grado (maestría o doctorado); <input type="checkbox"/></p> <p>e. Aplicación tecnológica construida o implementada; <input type="checkbox"/></p> <p>f. Patente presentada; <input type="checkbox"/></p> <p>g. Perfil de proyecto de mayor impacto científico, técnico, pedagógico o de innovación. <input checked="" type="checkbox"/></p>

<b>5</b>	<b>Descripción y metodología y diseño del proyecto</b>
	<p><b>5.1 Descripción, metodología y diseño del proyecto</b> (Máximo dos carillas)</p> <p>Este proyecto se enfoca en la síntesis de óxidos de cobalto <math>\text{Co}_2\text{O}_3</math>, <math>\text{Co}_3\text{O}_4</math> y óxidos dobles cobalto hierro <math>\text{CoFe}_2\text{O}_4</math> masivos y dispersos en la estructura porosa de carbón activado, para favorecer la oxidación catalítica del ion cianuro de soluciones sintéticas.</p> <p>Se realizará la síntesis de los óxidos de cobalto y hierro por precipitación de soluciones de <math>\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}</math>, <math>\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}</math>, <math>\text{NaOH}</math>, <math>\text{NaOCl}</math> en diferentes proporciones y una posterior calcinación entre 100 y 900 °C y además la impregnación por inmersión de estas sales en carbón activado y luego calcinación.</p> <p>Se caracterizarán los diversos óxidos de cobalto y hierro obtenidos mediante técnicas de difracción de rayos X (DRX), fluorescencia de rayos x (FRX), microscopía electrónica (MEB-EDS), análisis de superficie específica BET, espectrofotometría de absorción atómica (AA) y microscopía óptica, con el fin establecer las estructuras y composiciones más ventajosas para la actividad catalítica.</p> <p>Se realizarán ensayos de oxidación de soluciones sintéticas de 500 mg/l <math>\text{NaCN}</math> a pH 10,5 controlado con <math>\text{NaOH}</math> y también se realizarán ensayos con la inyección de 290 <math>\text{Ncm}^3/\text{min}</math> de aire. Se evaluará la velocidad de disminución de la concentración del <math>\text{CN}^-</math> en función del tiempo, mediante titulación con <math>\text{AgNO}_3</math> y IK como indicador y se evaluará la disolución del Co y Fe mediante espectrofotometría de absorción atómica (AA).</p>



## 5.2 Metodología y diseño del proyecto:

A continuación se presenta un resumen de la metodología que se empleará en esta investigación.

**Síntesis de óxidos de cobalto y óxidos de cobalto-hierro masivos.** Se realizará la síntesis de los óxidos de cobalto y hierro por precipitación de soluciones de  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{NaOCl}$  en diferentes proporciones y concentraciones, seguido de una posterior calcinación entre 100 y 900 °C (Christoskova St., 2001, p 235).

**Síntesis de óxidos de cobalto y hierro dispersos en carbón activado.** Con base en los resultados obtenidos en la síntesis de los óxidos de cobalto y hierro masivos obtenidos por precipitación, se realizarán impregnaciones de sales de cobalto y hierro en carbón activado con una superficie específica de 800 m<sup>2</sup>/g, por inmersión y una posterior secado-calcinación entre 100 y 900 °C.

**Caracterización química, mineralógica y estructural de los óxidos de cobalto y hierro masivos e impregnados en carbón activado.** Se caracterizarán los diversos óxidos de cobalto y hierro masivos y dispersos en carbón activado, obtenidos mediante técnicas de difracción de rayos X (DRX), fluorescencia de rayos x (FRX), microscopía electrónica (MEB-EDS), análisis de superficie específica BET, espectrofotometría de absorción atómica (AA) y microscopía óptica, con el fin establecer las estructuras y composiciones más ventajosas para la actividad catalítica.

**Ensayos de oxidación de soluciones de NaCN con los óxidos de cobalto masivos y dispersos en carbón activado.** Se realizarán ensayos de oxidación de soluciones sintéticas de 500 mg/l NaCN a pH 10,5 controlado con NaOH y también se realizarán ensayos con la inyección de 290 Ncm<sup>3</sup>/min de aire con diferentes proporciones de los óxidos de cobalto y hierro masivos y dispersos en carbón activado. Se evaluará la velocidad de disminución de la concentración del CN- en función del tiempo, mediante titulación con  $\text{AgNO}_3$  y IK como indicador y se evaluará la disolución del Co y Fe mediante espectrofotometría de absorción atómica (AA). (Stoyanova M. et al., 2004, p.274).

Todos los tratamientos se replicarán al menos 10 veces para realizar el análisis estadístico del comportamiento de cada ensayo. Para el tratamiento estadístico de datos se emplearán métodos de análisis de varianza global (ADEVA o ANOVA) y el Test t-Student, según cada caso particular.

## Referencias bibliográficas

1. Christoskova St., Stoyanova M., Georgieva M., (2001), "Low-temperature iron-modified cobalt oxide system Part 2. Catalytic oxidation of phenol in aqueous phase", Applied Catalysis A: General 208,243.
2. Christoskova St., Stoyanova M., Georgieva M., (2001), "Low-temperature iron-modified cobalt oxide system Part I. Preparation and characterization", Applied Catalysis A: General 208,235.
3. De la Torre E., Díaz X., Castro L., (2007), "El procesamiento de minerales en el Ecuador: visión de un metalurgista", Revista Politécnica, EPN, 27-2, p. 47.
4. De la Torre E., Guevara A., Criollo E., (2007), "Tratamiento de aguas superficiales con carbón activado granular, una alternativa de purificación con bajos costos", Revista Politécnica, EPN, 27-2, p. 53.
5. Puskas I., Fleisch T., Hall J., Bernard L., Roginski M., Roginski R., (1991), "Metal-Support interactions in Precipitated, Magnesium-Promoted Cobalt-Silica Catalysts", Journal of Catalysis, 134, 615.
6. Ramesh T., Rajamathi M., Kamath V., (2003), "Ammonia induced precipitation of cobalt hydroxide: observation of turbostratic disorder", Solid State Sciences, 5, 751.
7. Stoyanova M., Christoskova St., Georgieva M., (2004), "Aqueous phase catalytic oxidation of cyanides over iron-modified cobalt oxide system", Applied Catalysis A: General 274,133.
8. Velásquez-López P., Veiga M., Klein B., Shandro J., Hall K., "Cyanidation of mercury-rich tailings in artisanal and small-scale gold mining: identifying strategies to manage environmental risks in Southern Ecuador", Journal of Cleaner Production, 19, (2011), p. 1127.
9. Velásquez-López P., Veiga M., Hall K., "Mercury balance in amalgamation in artisanal and small-scale gold mining: identifying strategies for reducing environmental pollution in Portovelo-Zaruma, Ecuador", Journal of Cleaner Production, 18 (2010), p. 227.



6 **Tiempo de dedicación de docentes, infraestructura, equipos y fondos adicionales.**

**6.1 Tiempo máximo dedicación semestral del Director, los docentes participantes y colaboradores.**

Nombre	Rol (director o colaborador)	Horas de dedicación	Departamento
PhD Ernesto de la Torre Chauvin	Director	200/semestre	Metalurgia Extractiva
PhD Alicia Guevara Caiquetán	Colaborador	100/semestre	Metalurgia Extractiva
PhD Diana Endara Dranishnikova	Colaborador	100/semestre	Metalurgia Extractiva
MSc. Evelyn Criollo (Analista)	Colaborador	50/semestre	Metalurgia Extractiva
Ing. Kleber Collantes (Analista)	Colaborador	100/semestre	Metalurgia Extractiva
Sra. Verónica Díaz (Analista)	Colaborador	50/semestre	Metalurgia Extractiva

**6.2 Infraestructura y equipos**

El Departamento de Metalurgia Extractiva posee un equipamiento completo en sus laboratorios para el análisis físico químico y mineralógico de diversos tipos de muestras. Dispone de infraestructura para el procesamiento de minerales, ensayos metalúrgicos, tratamiento de efluentes, análisis de suelos, plantas, etc. Además cuenta con acceso a Internet y a bibliografía especializada en su área de trabajo.

Disponemos de dos equipos de absorción atómica Perkin Elmer AAnalyst 200, AAnalyst 300 con horno de grafito y muestreadores automáticos, un ICP-óptico, un estereoscopio trinocular, microscopios ópticos (luz reflejada y transmitida), dos difractómetros de rayos X (D8 Advance- Bruker) para análisis mineralógicos, un equipo de fluorescencia de rayos X (S8 Tiger-Bruker), un microscopio electrónico de barrido MEB-EDS con micro-analizador de rayos X (Tescan- Bruker), espectrofotometría de chispa (Q4-Bruker), espectrofotometría infrarroja FTIR y U-VIS, digestor de microondas Ethos One Milestone, analizador de superficie específica BET, analizador de granulometría laser, así como equipamiento completo para preparación de muestras, estufas, muflas, picnómetros, tamices, agitadores y materiales para análisis de materiales. Contamos además con una planta piloto completa de procesamiento de minerales de 2 ton/día de capacidad.

El DEMEX cuenta con un sólido grupo de investigadores (PhD en universidades europeas y estadounidenses) analistas y asistentes con experiencia en la ejecución de proyectos de investigación con financiamiento nacional e internacional.

**6.3 Breve justificación del equipo requerido**

- No aplica

**6.4 Fondos Adicionales**

- No aplica



7	<b>Declaración del Director del Proyecto</b>
Declaro que la presente propuesta es de mi autoría y de los colaboradores mencionados y que no ha sido presentada en ninguna convocatoria de otra institución pública o privada solicitando el financiamiento total del proyecto.	
	
DIRECTOR DEL PROYECTO	
Nombre: PhD Ernesto de la Torre	
CC:1705612230	
Quito, 31 de marzo de 2017 (lugar y fecha)	

<b>DECLARACIÓN DEL JEFE DE DEPARTAMENTO</b>	
Esta propuesta ha sido aprobada por el Consejo del Departamento de Metalurgia Extractiva en sesión del día ... 12 de abril de 2017... mediante resolución No. 25-2017. Las instalaciones, incluyendo personal, edificios, equipo y recursos financieros están a disposición del proponente y sus colaboradores de acuerdo con las especificaciones que se encuentran en esta propuesta.	
	
JEFE DEL DEPARTAMENTO	
Nombre: Alicia Guevara	
CC: 1711173045	
Quito, 11 de abril de 2017 (lugar y fecha)	