



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
VICERRECTORADO DE  
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL



PROYECTO DE INVESTIGACIÓN INTER Y MULTIDISCIPLINARIO

Área del proyecto: Ciencias Básicas  Ciencias Aplicadas

FACULTAD: Facultad de Ingeniería Mecánica, Ciencias e Ingeniería Civil y Ambiental

DEPARTAMENTOS: Departamentos de Materiales, Física e Ingeniería Civil y Ambiental

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Departamento de Materiales: Gestión medioambiental y uso sostenible de materiales – Sistemas de gestión medioambiental en el manejo y transferencia

Departamento de Física: Nanoestructuras

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental: Ingeniería de la contaminación y manejo de residuos sólidos

**1 Proyecto de Investigación**

**Título:** “Estudio de la utilización de materiales micro y/o nanoparticulados no convencionales para la remoción de metales pesados de aguas sintéticas”

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

El presente proyecto busca aprovechar y utilizar materiales no convencionales tales como materiales mineralógicos, residuos agrícolas, residuos lignocelulósicos y residuos animales en tamaño micro y/o nanométrico para la remoción de metales pesados de aguas sintéticas. Para ello, se propone desarrollar métodos para la obtención y caracterización de al menos 8 tipos de materiales no convencionales, así como los procedimientos para la remoción de dos tipos de metales pesados en aguas sintéticas. Estos procesos incluyen selección y obtención de los materiales no convencionales considerando dos variedades de materiales mineralógicos, residuos agrícolas, residuos lignocelulósicos y residuos animales, el tratamiento físico/químico previo de los materiales no convencionales, ensayos para la remoción de los metales en procesos batch, la caracterización inicial y final de los materiales utilizados mediante técnicas instrumentales y la cuantificación del metal removido mediante espectrofotometría UV y espectrofotometría LIBS. En los procesos de remoción de los metales pesados se considerarán como variables del proceso el pH, tamaño de partícula y la cantidad de material no convencional utilizado en los ensayos de remoción. Todos los procesos se realizarán a condiciones ambientales. Finalmente, se comparará el rendimiento que presentan los materiales no convencionales utilizados con materiales tradicionales en la remoción de metales pesados.

**Palabras clave** (3-5): materiales mineralógicos, residuos lignocelulósicos, residuos agrícolas, residuos, animales, remoción de metales pesados.



**4 Objetivos, hipótesis y resultados esperados de esta propuesta de investigación**

**4.1. Objetivos**

**4.1.1. Objetivo General**

Estudiar la utilización de materiales micro y/o nanoparticulados no convencionales para la remoción de metales pesados de aguas sintéticas.

**4.1.2. Objetivos Específicos**

- Seleccionar y obtener al menos ocho tipos de materiales micro y/o nanoparticulados no convencionales para la remoción de metales pesados.
- Caracterizar los materiales no convencionales utilizados en este estudio mediante técnicas instrumentales.
- Desarrollar la metodología para la remoción de metales pesados de aguas sintéticas con el uso de los materiales no convencionales en procesos batch.
- Determinar el porcentaje de remoción de los metales pesados en función de la variación del tamaño de partícula y cantidad del material no convencional y el pH de la solución sintética.
- Comparar los rendimientos de remoción obtenidos al utilizar los materiales no convencionales en procesos batch con los métodos tradicionales de tratamiento de efluentes.

**4.2. Hipótesis**

- ✓ *Se puede utilizar materiales micro y/o nanoparticulados no convencionales como materiales mineralógicos, residuos agrícolas, lignocelulósicos y animales para la remoción de metales pesados de aguas sintéticas.*
- ✓ *Existen ventajas del uso de materiales no convencionales para la remoción de metales pesados con relación a los métodos tradicionales de tratamiento de efluentes.*

**4.3. Resultados esperados**

- Procesos de obtención de materiales micro y/o nanoparticulados no convencionales para la remoción de metales pesados.
- Procesos de remoción de metales pesados en soluciones sintéticas.
- Al menos dos estudiantes graduados con la realización de un proyecto de titulación en el marco de este estudio.
- Al menos un seminario sobre los resultados del proyecto.
- Al menos un artículo remitido a una revista nacional y/o internacional para difundir los resultados del proyecto.
- Laboratorios de la EPN con equipamiento adecuado para la investigación, el desarrollo y la enseñanza de nuevos materiales y nanotecnología.

**4.4. Potenciales Usuarios**

Con los resultados de este proyecto se favorecerán a los siguientes usuarios:

- Las industrias que generan aguas residuales contaminadas con metales pesados dentro de su proceso de producción y la comunidad interesada en la remediación ambiental para remover metales pesados utilizando materias primas no convencionales.
- La comunidad científica y académica nacional e internacional también se beneficiaría con los resultados del proyecto, los cuales aportarían de manera significativa a los campos de la remediación medioambiental.
- Los estudiantes de la EPN y de otras instituciones educativas, así como la comunidad de industriales ecuatorianos, serían usuarios del equipamiento que se adquiriría para la ejecución del proyecto.

**5 Relevancia de esta propuesta de investigación con los objetivos científicos del departamento y su Línea de Investigación**

El presente proyecto constituye un aporte significativo para el quehacer investigativo de los



# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

## VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL



Departamentos de Materiales, Física y de Ingeniería Civil y Ambiental de la EPN puesto que pretende investigar el uso de materiales micro y/o nanoparticulados no convencionales para su aplicación en la remoción de metales pesados presentes en aguas sintéticas como una alternativa viable para la solución de problemas de contaminación ambiental. Si bien el uso de materiales no convencionales para la remoción de metales pesados ya ha sido estudiado en otros países como China, India, México, Pakistán, Reino Unido, Suecia, Turquía, entre otros, en Ecuador son pocos los trabajos realizados en esta línea de investigación, a pesar del gran potencial que tiene el país para utilizar ciertos residuos producidos y que podrían ser utilizados.

La experiencia a ser adquirida durante la ejecución de este proyecto constituirá un recurso muy valioso para los Departamentos mencionados, ya que permitiría generar conocimiento científico y técnico en el área de materiales, nanotecnología y en la formulación de procedimientos para la remoción de metales pesados utilizando materiales no convencionales. También contribuye a fortalecer la cultura institucional de investigación aplicada y aporta al desarrollo de los futuros profesionales del país. Por otra parte, este proyecto ayudaría a fortalecer lazos científicos entre la EPN y diversas comunidades académicas relacionadas con la remediación ambiental, así como también el uso de materiales no convencionales para el tratamiento de aguas residuales industriales. Adicionalmente, la ejecución del proyecto permitiría mejorar el equipamiento de la institución, lo cual haría posible el continuar con la investigación propuesta e iniciar nuevos proyectos a futuro.

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

#### Descripción del proyecto (Máximo una carilla)

Actualmente, existen problemas medioambientales y de salud que han sido provocados por la presencia de ciertos metales pesados, dentro de los que se destacan, por su gran generación a escala industrial, cromo, plomo, cobre, níquel, zinc y hierro. En el organismo la presencia de metales pesados se debe a que éstos se acumulan y pueden causar diversos trastornos y enfermedades. Mientras que, en el medio ambiente estos metales producen la contaminación del agua y del suelo. Por ello, ha ido en aumento la preocupación por la generación de nuevas alternativas de tratamiento de aguas contaminadas y la propagación de métodos eficaces para la remoción de estos metales pesados a fin de disminuir el impacto medio ambiental generado (Lichtfouse, Schwarzbauer, Robert, 2013, p 28). Entre estas alternativas se pueden incluir el intercambio iónico, nanofiltración, precipitación, adsorción, reducción electrolítica, coagulación, extracción con disolventes, filtración con membranas, oxidación, ósmosis inversa, entre otros. Dentro de los procesos de adsorción para el tratamiento de aguas, se puede citar el uso de carbón activado, en diferentes presentaciones, que permite remover del agua constituyentes orgánicos, inorgánicos y algunos metales, siendo clasificado por la EPA como la mejor tecnología disponible para eliminar arsénico, radionucleidos, entre otros (Mihelcic, Zimmerman, 2012, p 450).

La aplicación de estas técnicas presenta algunos inconvenientes como son baja eficiencia, alto costo, además de la generación y disposición final de residuos y lodos. Por estas razones surge la necesidad de buscar métodos alternativos, económicos y efectivos que permitan remover la mayor cantidad de contaminantes presentes en el agua, dentro de estos métodos innovadores se encuentra la remoción de metales pesados con materiales no convencionales micro y/o nanoparticulados que permite utilizar una gran variedad de materiales de bajo costo y que puedan ser aplicados a diferentes escalas industriales (Ajmal et al., 1998, p. 3085; Cañar, Guerrero, y Rosas, 2014, p. 117-122, Lichtfouse, Schwarzbauer, Robert, 2013, p 28; Shukla et al., 2002, pp. 137, 138; Ali y Gupta, 2007, p. 2661).

Dentro de los materiales no convencionales se encuentran los desechos agrícolas, subproductos industriales, residuos lignocelulósicos, corteza, aserrín, cáscaras de frutas, hojas de té y café, cáscara de arroz, café banano, bagazo de uva, caolinita, cemento, cenizas volantes, crustáceos, entre otros (Lichtfouse, Schwarzbauer, Robert, 2013, p 28; Phing, Zaharin, 2013, p. 2,7). Los residuos agroindustriales al presentar dentro de su estructura grupos funcionales OH<sup>-</sup> permiten que estos puedan reaccionar con los iones metálicos presentes y adsorberlos (Phing, Zaharin, 2013, p.7). Los desechos lignocelulósicos, aserrín, presentan una capacidad adsorbente debido a la presencia de lignina dentro de su estructura, sirviendo como removedores de metales divalentes (Shukla et al, 2002, pp. 139, 140; Ali, Gupta, 2007, p. 2661; Laszlo y Dintzis, 1994, p. 531). Las arcillas se pueden utilizar como adsorbentes de metales pesados debido a que en su superficie polianiónica presentan láminas moleculares de alúmina que permiten alojar a una especie llamada huésped, permitiendo así su aplicación como adsorbente de contaminantes en el tratamiento de aguas (Cañar, Guerrero, Rosas, 2014, p. 117). Los restos de algunos animales, como el exoesqueleto de crustáceos, presentan en su estructura ciertas sustancias como la quitina, cuyo principal derivado es el quitosano, y que sirve en la remoción de metales pesados (Gerente, Lee, Le Cloirec y Mckay, 2007, p. 41) porque presenta una gran cantidad de grupos amino en su estructura (Agouborde, 2008, p.22; Gerente, Lee, Le Cloirec y Mckay, 2007, p. 41,42).



# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

## VICERECTORADO DE

### INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL



En el Ecuador, debido al incremento del parque industrial, el agua como recurso natural se ha visto amenazado, muchas de las empresas industriales a pesar de existir una normativa de descarga de sus efluentes no cumplen con los valores establecidos por la ley para descargarlos (TULSMA). Una de las alternativas para remediar este problema es la creación de sistemas de tratamiento de aguas, para remover metales pesados, más económicos y sencillos que cumplan con condiciones de los sistemas tradicionales de tratamiento. Además, el Ecuador al ser un país agrícola (Boletín Agropecuario, 2011, p. 2) se puede utilizar los residuos generados de esta producción para la remoción de metales pesados, así como hacer uso de los residuos producidos por la industria maderera y de mariscos del país y de los yacimientos de arcilla existentes.

En este proyecto se plantea obtener y caracterizar al menos ocho tipos de materiales micro y/o nanoparticulados no convencionales entre los cuales estarían dos variedades de materiales mineralógicos, residuos agrícolas, residuos lignocelulósicos y residuos animales. Una vez seleccionados los materiales se procederá a realizar ensayos de remoción de al menos dos metales pesados en aguas sintéticas. Finalmente, se realizarán procesos de caracterización de los productos obtenidos después del proceso de remoción y la cuantificación del metal removido en el agua mediante espectroscopia UV y espectrofotometría LIBS. Para este proyecto se considerarán como variables el tamaño de partícula y cantidad del material no convencional y el pH de la solución sintética. Todos los ensayos se realizarán en procesos batch a condiciones ambientales. Se seleccionarán dos variedades de arcillas, de residuos agrícolas y de residuos lignocelulósicos.

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

La investigación planteada se ha dividido en las siguientes etapas:

1. Selección y caracterización de al menos ocho tipos de materiales no convencionales
2. Tratamiento físico/químico previo del material no convencional
3. Ensayos de remoción de los metales pesados de aguas sintéticas en procesos batch
4. Caracterización de los materiales utilizados mediante técnicas instrumentales
5. Cuantificación del metal removido mediante espectrofotometría UV y espectrofotometría LIBS

En la remoción de contaminantes con materiales mineralógicos se considerarán al menos dos tipos de materiales que podrían ser arcillas naturales, toba volcánica o alófono. Se realizará inicialmente un muestreo de al menos 4 yacimientos del país y se seleccionarán dos variedades de este material que, en ensayos preliminares, remuevan la mayor cantidad de contaminantes. A continuación, a los materiales seleccionadas se realizarán procesos de molienda, tamizado y una caracterización inicial, posteriormente se realizará un proceso de activación con una sal de sodio y un proceso de purificación química para remover carbonatos y materia orgánica con soluciones de ácido clorhídrico y peróxido de hidrógeno (Bergaya y Lagaly, 2006, p. 127, 128 y 130). Una vez purificado y activado el material mineralógico se realizan los procesos de remoción de contaminantes.

Los residuos agrícolas que pueden ser utilizados son cáscara de plátano, café, uva y residuos de hojas de té. Se realizarán ensayos previos de remoción de contaminantes y se seleccionarán dos residuos con la mayor capacidad de remoción. A cada uno de los materiales seleccionados se realizará un tratamiento de lavado y secado (Farinella, Matos y Arruda, 2006, p. 2; Hossain, Hao Ngo, Guo y Nguyen, 2012, pp. 1-2; Kumar, 2009, p. 1). Las cáscaras de café y plátano tendrán un tratamiento previo, en las cáscaras de café se realizará un tratamiento químico con formaldehído para evitar la formación de moho y en las cáscaras de plátano se realizará un proceso de esterificación con metanol y ácido clorhídrico concentrado. Finalmente, las cáscaras se lavarán con agua desionizada (Oliveira, Franca, Oliveira y Rocha, 2007, p. 2). Una vez tratados estos materiales serán molidos y tamizados a diferentes tamaños de partícula para que puedan ser utilizados en la remoción de los contaminantes (Farinella, Matos y Arruda, 2006, p. 2; Hossain et al., 2012, pp.2; Kumar, 2009, p. 2, Oliveira et al., 2007, p. 2).

Para la remoción de contaminantes con residuos lignocelulósicos, aserrín, se seleccionará al menos dos variedades de aserrín entre los cuales estarían pino, laurel y eucalipto. A cada tipo de aserrín se reducirá de tamaño en un molino de cuchillas. Una vez molido, será tamizado y separado en fracciones de acuerdo a su tamaño de partícula para realizar procesos de secado. Los materiales lignocelulósicos suelen presentar mejor comportamiento cuando son sometidos a procesos previos como hidrólisis ácida y alcalina, a reflujo, que logran disolver a los polisacáridos exteriores de la pared celular externa, creando nuevos centros de adsorción (Larenas et al, 2008, p 3-5). Por ello, se realizarán procesos de activación química de los residuos lignocelulósicos para obtener carbón activado. En esta activación química, se impregnará en solución un agente activante ( $ZnCl_2$ ,  $H_3PO_4$ ,  $K_2CO_3$ ,  $KOH$ ,  $NaOH$ ,  $Na_2CO_3$ ,  $H_2SO_4$ ) al adsorbente en relación 1:1 w/w mediante un proceso a una temperatura de 80 °C durante 6 h. Posteriormente, el material se colocará en un horno a 500-700 °C durante 3 h. El producto obtenido se lavará para eliminar los residuos del precursor y será secado durante 24 h a 110°C (Martucci et. Al, 2011, p. 70). Con el material lignocelulósico y el carbón activado obtenido se realizarán los ensayos de remoción de contaminantes (Yu et. Al, 2000, p. 35; Sciban, Klasnja, 2004, p. 69; Bulut, Tez, 2007, p. 161).



# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL



Para la remoción de metales pesados con quitosano se utilizará el exoesqueleto de crustáceos, el cual será obtenido a partir de los desperdicios de mariscos de cangrejos y langostinos. Para la obtención de la quitina se secarán los exoesqueletos y se procederá a la reducción del tamaño de partícula para luego ser sometidos a un proceso de desmineralización con una solución de ácido clorhídrico y una desproteización con una solución de hidróxido de sodio. Una vez obtenida la quitina se la someterá a un proceso de desacetilación con una solución de hidróxido de sodio al 50% con lo cual se obtiene el quitosano. Los procesos de remoción de contaminantes se realizará con el quitosano obtenido (Hernández, Águila, Flores, Viveros y Ramos, 2009, p. 57, 58; Soundarajan, Gomathi y Sudha, 2013, p. 2-4).

La selección del adsorbente no convencional más adecuado para cada caso se realizará a partir del mayor porcentaje de remoción del contaminante al final del proceso batch que se realizará en el equipo de prueba de jarras. Para ello, se filtrará la muestra (material no convencional más contaminante) y se analizará químicamente por espectrofotometría UV y espectrofotometría LIBS, encontrando así el porcentaje removido del metal pesado en la muestra (Farinella, Matos y Arruda, 2006, p. 2; Hossain, Hao Ngo, Guo y Nguyen, 2012, pp. 2; Kumar, 2009, p. 2; Oliveira, Franca, Oliveira y Rocha, 2007, p. 2). Finalmente, se realizará al material no convencional inicial y al residuo obtenido una caracterización por microscopía electrónica de barrido (SEM), análisis termogravimétrico (TGA) y microscopía de infrarrojo (FTIR) y espectrofotometría LIBS.

## Bibliografía

- Agouborde, L. (2008). Remoción de metales pesados por medio de adsorbentes no convencionales. Universidad de la Frontera. 22.
- Ali, I., Gupta, V. (2007). Advances in water treatment by adsorption technology. *Nature Protocols*, 1(06). 2661-2667.
- Ajmal, M., Khan, A., Ahmad, S., Ahmad, A. (1998). Role of sawdust in the removal of copper (II) from industrial wastes. *Water Research*, 32(10).
- Bergaya, F., Lagaly, G. (2006). Handbook of Clay Science. doi:10.1016/B978-0-08-098258-8.00008-0
- Boletín Agropecuario Mensual N-13. (2011). Recuperado de: <http://www.ecuadorencifras.com/cifras-inec/pdfs/agro13.pdf> (Junio 2014).
- Bulut, Y., Tez, Z. (2007). Removal of heavy metals from aqueous solution by sawdust adsorption. *Journal of Environmental Sciences*. 19. 160-166.
- Farinella, N., Matos G., Arruda M. (2007). Grape bagasse as a potential biosorbent of metals in effluent treatments. *Bioresour Technology*, 98:1940-1946.
- Gerente, C., Lee, V., Le Cloirec, P., McKay, G. (2007). Application of chitosan for the removal of metals from wastewaters by adsorption—mechanisms and models review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. 41,42. DOI: 10.1080/10643380600729089
- Hernández, H., Águila, E., Flores O., Viveros, E., Ramos E. (2009). Obtención y caracterización de quitosano a partir de exoesqueletos de camarón. *Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología de Superficies y Materiales*. 57, 58.
- Hossain M., Ngo H., Guo W. y Nguyen T. (2012). Removal of copper from water by adsorption onto banana peel as bioadsorbent. *Int j of geomate*, 2(2):227-234.
- Kumar M., (2010). Removal of Pb (II) from aqueous solution by adsorption using activated tea waste. *Korean J. Chem. Eng.*, 27(1), 144-151.
- Larenas, C., Andrango, D., Inga, P. (2008). Estudio isotérmico de biosorción de plomo en agua utilizando residuos vegetales. *La Granja*, 8(2):3-8.
- Laszlo, J., Dintzis, R. (1994). Crop residues as Ion-Exchange materials. Treatment of soybean hull and sugar beet fiber (pulp) with epichlorohydrin to improve cation-exchange capacity and physical stability. *Journal of Applied Polymer Science*, 52(4). 521-528.
- Martucci, G., Lima, A., Bianchi, M., Morone, D., Trugilho, P., (2011). Use of sawdust Eucalyptus sp. in the preparation of activated carbons. *Ciencia e Agrotecnologia*, 36(01), 69-77.
- Mihelcic, J., Zimmerman, J. (2012). Ingeniería Ambiental: fundamentos, sustentabilidad, diseño. Primera edición. México: Alfaomega.
- Oliveira W., Franca A., Oliveira L., Rocha S. (2007). Untreated coffee husks as biosorbents for the removal of heavy metals from aqueous solutions. *Journal of Hazardous Materials*, 152 (2008) 1073-1081.
- Phing A. y Zaharin A., (2013). A review on economically adsorbents on heavy metals removal in water and wastewater. *Rev Environ Sci Biotechnol* (2014) 13:163-181, (2014) 13:163-181
- Rosas N., Guerrero V., Cañar F. (2014). Activación química de nanoarcillas y su aplicación en la remoción de metales pesados. *Revista digital congreso de ciencia y tecnología*, Recuperado de: <http://ciencia.espe.edu.ec/wp->



# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

## VICERECTORADO DE

### INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL



content/uploads/2014/04/MEMORIA-CONGRESO-CT-2014.pdf.

- Shukla, A., Zhang, Y., Dubey, P., Margrave, J., Shukla, S. (2002). The role of sawdust in the removal of unwanted materials from water. *Journal of Hazardous Material*, 95. 137-152.
- Sciban, M., Klasnja, M. (2004). Wood sawdust and wood originate materials as adsorbents for heavy metal ions. *Springer-Verlag*, 62. 69-72.
- Soundarrajan, M., Gomathi, T., Sudha, P. (2013). Understanding the adsorption efficiency of chitosan coated carbon on heavy metal removal. *International Journal of Scientific and Research Publications*. 2-4.
- TULSMA, Libro VI, Anexo 1 (Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua).
- Yu, B., Zhang, Y., Shukla, A., Shukla, S., Dorris, K. (2000). The removal of heavy metal from aqueous solutions by sawdust adsorption - removal of copper. *Journal of Hazardous Materials*, 80. 33-42.

Cronograma de trabajo anual:

Año 1

Actividad	MESES					
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
Revisión bibliográfica						
Adquisición de equipos y reactivos						
Selección y recolección de los materiales no convencionales						
Caracterización inicial de los materiales no convencionales seleccionados						
Ensayos de remoción de metales pesados con los materiales no convencionales sin modificaciones químicas previas						
Evaluación de los resultados de los ensayos de remoción iniciales						
Difusión de los resultados iniciales obtenidos						

Año 2

Actividad	MESES					
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
Revisión bibliográfica						
Adquisición de equipos y reactivos						
Recolección de los materiales no convencionales						
Caracterización de los materiales no convencionales						
Ensayos de remoción de metales pesados con los materiales no convencionales con modificaciones químicas						
Evaluación de los resultados de los ensayos de remoción						
Selección de los materiales con mayor potencial para la remoción de contaminantes						
Preparación de presentación, material didáctico y artículos						
Difusión de los resultados finales obtenidos						

#### Justificación del equipo requerido

A continuación se expone el uso que se dará a los equipos requeridos:

- Espectrofotómetro DR/2800 que se utilizará para la determinación de la concentración del metal pesado después de realizados los ensayos de remoción.
- Las planchas de calentamiento, el pHmetro de mesa se utilizarán para realizar los procesos batch de remoción de los contaminantes.
- La tamizadora vía húmeda y la bomba de vacío se utilizarán para realizar los procesos de tamizado de los materiales no convencionales
- Las computadoras de escritorio servirán para el desarrollo, ejecución y procesamiento de los resultados obtenidos dentro del proyecto.
- La cámara de 500 ml de ágata servirá para realizar procesos de molienda.
- Las balanzas analítica y electrónica se utilizarán para pesar los materiales que se usarán en el proyecto.



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
VICERECTORADO DE  
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL



	<ul style="list-style-type: none"><li>- La campana de gases servirá para realizar los ensayos de modificaciones químicas de los materiales no convencionales y la remoción de los metales pesados.</li><li>- El equipo de pruebas de jarras se utilizará para realizar las pruebas de remoción de metales pesados en las condiciones de máxima remoción determinadas en los ensayos preliminares.</li></ul>																											
7	<b>Fecha de inicio</b>  14 de julio de 2014																											
8	<b>Tiempo dedicación docentes, infraestructura, equipamientos y fondos adicionales.</b> Director: 300 horas por semestre Docentes colaboradores: 210 horas por semestre  Tiempos de dedicación semestral del Director de proyecto, de los docentes participantes y otros colaboradores. <table border="1"><thead><tr><th>Director del Proyecto</th><th>Apellidos</th><th>Nombres</th><th>Horas semestrales [semanales]</th></tr></thead><tbody><tr><td></td><td>Rosas Laverde</td><td>Nelly María</td><td>300</td></tr><tr><td rowspan="6">Colaboradores del Proyecto</td><td>Guerrero Barragán</td><td>Victor Hugo</td><td>210</td></tr><tr><td>Aldás Sandoval</td><td>María Belén</td><td>210</td></tr><tr><td>Costa Vera</td><td>César Augusto</td><td>210</td></tr><tr><td>Uribe</td><td>Rafael</td><td>210</td></tr><tr><td>Auxiliar 1</td><td></td><td>[20]</td></tr><tr><td>Auxiliar 2</td><td></td><td>[20]</td></tr></tbody></table> <ul style="list-style-type: none"><li>- Infraestructura y equipos disponibles para la ejecución del proyecto</li></ul> <p>Los Laboratorios del Departamento de Materiales, Cerámica y Nuevos Materiales (LANUM), disponen de la infraestructura para realizar el procesamiento de la materia prima, ensayos de remoción de los metales pesados y evaluación de los productos finales obtenidos. El Laboratorio de Cerámica cuenta con ciertos equipos que permiten la reducción de su tamaño de partícula de los materiales no convencionales, dentro de los equipos que se pueden mencionar está un molino de bolas, de mandíbulas, de cono, entre otros. El LANUM cuenta con un calorímetro diferencial de barrido (DSC), un analizador termogravimétrico (TGA), un espectrofotómetro de infrarrojo (FT-IR) y un microscopio electrónico de barrido (MEB). El Laboratorio de Espectrometría de Masas y Espectrofotometría óptica del Departamento de Física cuenta con equipos de caracterización tales como un espectrofotómetro LIBS y un espectrómetro MALDI, que serán utilizados para evaluar los materiales no convencionales utilizados y los residuos que se obtengan. El Laboratorio Docente del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental cuenta con los materiales y la infraestructura para la realización de los ensayos de remoción de los metales pesados.</p> <p>Otros fondos de otros organismos (si los hubiere)</p>	Director del Proyecto	Apellidos	Nombres	Horas semestrales [semanales]		Rosas Laverde	Nelly María	300	Colaboradores del Proyecto	Guerrero Barragán	Victor Hugo	210	Aldás Sandoval	María Belén	210	Costa Vera	César Augusto	210	Uribe	Rafael	210	Auxiliar 1		[20]	Auxiliar 2		[20]
Director del Proyecto	Apellidos	Nombres	Horas semestrales [semanales]																									
	Rosas Laverde	Nelly María	300																									
Colaboradores del Proyecto	Guerrero Barragán	Victor Hugo	210																									
	Aldás Sandoval	María Belén	210																									
	Costa Vera	César Augusto	210																									
	Uribe	Rafael	210																									
	Auxiliar 1		[20]																									
	Auxiliar 2		[20]																									