

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DATOS INFORMATIVOS

TIPO DE CONVOCATORIA

Proyecto Interno Proyecto Semilla Proyecto Junior Proyecto Multi e Interdisciplinario

Fecha de presentación (23/08/2018):

Título del proyecto:

Síntesis, caracterización y evaluación de la actividad fotocatalítica de nanoestructuras magnéticas híbridas de hierro-titanio obtenidas a partir de precursores naturales

TIPOS DE INVESTIGACIÓN

Investigación básica

Investigación aplicada

DEPARTAMENTO(S) Y/O INSTITUTO:

- 1 Materiales (DMT)
2. Ingeniería Mecánica (DIM)

LÍNEA(S) DE INVESTIGACIÓN (verificable en el SAEW):

1. Materiales compuestos y nanoestructurados.
2. Materiales multifuncionales.

RESUMEN DE INFORMACIÓN DEL DIRECTOR Y CODIRECTOR

Director

Apellidos y nombres	No. de Cédula	HSS*	Departamento	Título de mayor nivel y mención.	No. ORCID
Guerrero Barragán Víctor Hugo	1710736669	6	Materiales FIM	Doctor en Ingeniería Mecánica	0000-0002-5656-2606

Codirectora

Apellidos y nombres	No. de Cédula	HSS*	Departamento	Título de mayor nivel y mención.	No. ORCID
Pontón Bravo Patricia Isabel	1718887860	8	Materiales FIM	Doctora en Ingeniería de Materiales y Procesos Químicos y Metalúrgicos	0000-0002-8292-2038



RESUMEN DE INFORMACIÓN COLABORADORES

<u>Estudiantes de Posgrado de Investigación</u>					
Apellidos y nombres	No. de Cédula	HSS*	Programa de Posgrado	Título de mayor nivel y mención.	No. ORCID
Almeida Naranjo Cristina Elizabeth	1720231552	4	Doctorado en Ciencias de la Mecánica	Magíster en Ambiental	0000-0002-1066-6661

<u>Colaboradores Técnicos</u>					
Apellidos y nombres	No. de identificación	HSS*	Institución	Título de mayor nivel y mención.	No. ORCID
Campaña Cruz Kleber Orlando	1711289718	4	EPN-DMT	Ingeniero Mecánico	0000-0002-0063-7090
Galeas Hurtado Salomé Gabriela	1714284807	4	EPN-DMT	Ingeniera Química	0000-0002-0491-5270
Lagos Álvarez Karina Janneri	1716308174	4	EPN-DMT	Máster en Técnicas Experimentales en Química	0000-0003-3666-0871

* HSS =Horas Semana Semestre: Es el número de horas que se dedica por semana a la investigación. Este número de horas se mantiene para todo el semestre

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Proyecto Interno Proyecto Semilla Proyecto Junior Proyecto Multi e Inter Disciplinario

Investigación Básica

Investigación Aplicada

DEPARTAMENTO(S) Y/O INSTITUTOS:

1. Materiales (DMT)
2. Ingeniería Mecánica (DIM)

LINEA(S) DE INVESTIGACIÓN:

1. Materiales compuestos y nanoestructurados.
2. Materiales multifuncionales.

CAMPO DEL CONOCIMIENTO (Ver Anexo A: Detalle de los campos del conocimiento)

Campo amplio	Campo detallado	Campo específico
Ingeniería, Industria y Construcción	Fabricación y procesos	Materiales (vidrio, papel, plástico y madera)

DISCIPLINA CIENTÍFICA (Marque X, solamente una opción)

Ciencias Naturales y Exactas	
Ingeniería y Tecnologías	X
Ciencias Médicas	
Ciencias Agrícolas	
Ciencias Sociales	
Humanidades	

OBJETIVO SOCIOECONÓMICO (Marque X, solamente una opción)

Exploración y explotación del medio terrestre	
Ambiente	
Exploración y explotación del espacio	
Transporte, telecomunicaciones y otras infraestructuras	
Energía	
Producción y tecnología industrial	X
Salud	
Agricultura	
Educación	
Cultura, ocio, religión y medios de comunicación	
Sistemas políticos y sociales, estructuras y procesos	
Defensa	
Avance general del conocimiento: I+D financiada con los Fondos Generales de Universidades (FGU)	
Avance general del conocimiento: I+D financiados con otras fuentes	



Alcance Territorial (<i>Marque X, solamente una opción</i>)			
Institucional		Nacional	
Parroquial		Internacional	X
Cantonal		No definido	
Provincial			

1 Proyecto de Investigación
Título (mínimo 10 palabras): <i>Síntesis, caracterización y evaluación de la actividad fotocatalítica de nanoestructuras magnéticas híbridas de hierro-titanio obtenidas a partir de precursores naturales</i>
Resumen del proyecto (máximo 200 palabras) <p>Este proyecto propone desarrollar nanoestructuras magnéticas híbridas (NMH) de hierro (Fe) - titanio (Ti). La presencia de Fe en nanoestructuras a base de titanatos incrementa el rango de absorción de la región UV a la visible, lo cual es beneficioso en procesos fotoinducidos como fotocátalisis y celdas fotoeléctricas solares. Una alternativa naciente para obtener estos materiales radica en sintetizarlos por la ruta hidrotérmica alcalina a partir de arenas ilmeníticas que contienen naturalmente Fe y Ti. En Ecuador, el aprovechamiento de este recurso resulta interesante por su alto contenido de magnetita, disponibilidad y precio. En este contexto, la presente investigación iniciará con la recolección y caracterización de dichas arenas. Posteriormente, en la etapa de síntesis se determinará la influencia de las condiciones de reacción, tales como concentración de NaOH, tiempo y temperatura, sobre la estructura cristalina, tamaño, morfología y área superficial de las NMH. Para esto, se realizarán análisis de difracción de rayos X, microscopía electrónica de transmisión y análisis de adsorción de nitrógeno, respectivamente. Asimismo, se evaluará la actividad fotocatalítica de las NMH, mediante la cuantificación del nivel de degradación de un compuesto orgánico al exponerlo a irradiación UV-VIS. Este análisis se realizará mediante espectrofotometría UV-VIS.</p>
Palabras clave (4-6): Nanomateriales híbridos; síntesis hidrotérmica alcalina; materiales magnéticos; arenas ilmeníticas.

2 Objetivos, limitaciones, hipótesis y resultados esperados de esta propuesta de investigación

2.1 Objetivos

2.1.1 Objetivo General

- Evaluar las características estructurales y actividad fotocatalítica de nanoestructuras magnéticas híbridas de hierro y titanio sintetizadas a partir de arenas ilmeníticas ecuatorianas mediante la ruta hidrotérmica alcalina.

2.1.2 Objetivos Específicos

- a. Seleccionar las arenas ilmeníticas ecuatorianas más adecuadas para la síntesis de nanoestructuras magnéticas híbridas a base de hierro y titanio.
- b. Establecer los parámetros óptimos de la síntesis hidrotérmica alcalina para la obtención de nanoestructuras híbridas.
- c. Caracterizar las nanoestructuras híbridas a partir de distintas técnicas experimentales para determinar su estructura cristalina, morfología, tamaño y área superficial.



- d. Determinar la actividad fotocatalítica de las nanoestructuras híbridas sintetizadas, a partir del estudio de la degradación de un compuesto orgánico.
- e. Transferir los resultados obtenidos al medio externo para su aprovechamiento académico e industrial.

2.2 Limitaciones (Aspectos que quedan fuera del alcance del Proyecto de Investigación)

- a. El presente proyecto no estudiará la influencia de la presión atmosférica en la síntesis de las nanoestructuras magnéticas híbridas de hierro y titanio.
- b. En caso de que algunas estructuras sintetizadas no presentaran tamaños nanométricos, se estudiarían los materiales con tamaños submicrónicos bajo los mismos protocolos explicados anteriormente.

2.3 Hipótesis (Responden al problema de investigación)

- a. La obtención de nanoestructuras magnéticas híbridas de hierro y titanio es posible a partir de precursores naturales como las arenas ilmeníticas ecuatorianas, y mediante la ruta de síntesis hidrotérmica alcalina.
- b. Los materiales sintetizados serán híbridos a base de hierro-titanio y magnetita con diversas morfologías, tendrán tamaños nanométricos y elevada actividad fotocatalítica.

2.3 Detalle de los resultados esperados (con relación a los objetivos)

- a. Catálogo de muestras de arenas ilmeníticas para la obtención de nanoestructuras magnéticas híbridas de hierro y titanio.
- b. Parámetros de síntesis definidos para la obtención de nanoestructuras híbridas.
- c. Nanoestructuras híbridas con actividad fotocatalítica.
- d. Laboratorio con equipamiento indispensable para la síntesis de nanomateriales con morfologías no convencionales y su caracterización.
- e. Al menos una conferencia o seminario relacionados con las temáticas del presente proyecto.
- f. Al menos dos tesis de maestría o una de doctorado en el marco de la presente investigación.
- g. Dos artículos presentados en inglés en revistas SCIMAGO-SCOPUS, Q3 o superior.
- h. Un artículo presentado en congreso.

3	Relevancia de la propuesta de investigación y su relación con la(s) líneas de investigación
----------	--

Actualmente, uno de los desafíos a nivel mundial consiste en preparar nanomateriales multifuncionales con propiedades específicas y superiores a las exhibidas por materiales micrométricos convencionales. Dentro de este panorama, las nanoestructuras cerámicas a base de dióxido de titanio (TiO_2) han captado especial interés en los campos científico e industrial por sus peculiares propiedades como alta actividad fotocatalítica, capacidad de intercambio iónico y elevada área superficial. Estas características han propiciado su aplicación en diversos sectores como el farmacéutico, de revestimientos, electrónico, energías, ambiental, entre otros. Sin embargo, el uso de estos materiales en aplicaciones fotoinducidas se han limitado debido que estas nanoestructuras solo son capaces de absorber dentro de la región ultravioleta (UV), la cual aproximadamente representa el 4% del espectro solar. Por lo tanto, para superar esta restricción muchos esfuerzos han sido realizados con el propósito incrementar la absorción de estas nanoestructuras en la región visible, y así mejorar su eficiencia en el aprovechamiento de la energía solar. En este sentido, la obtención de materiales híbridos mediante el dopaje de nanoestructuras a base de TiO_2 con iones metálicos, como el hierro, ha demostrado ser una alternativa prometedora. Sin embargo, los métodos convencionales utilizados para este fin, implican generalmente procedimientos costosos y complejos, ya que requieren de una síntesis previa de los titanatos nanoestructurados, a partir de reactivos de alta pureza; y posteriormente, estos son dopados con hierro mediante diferentes mecanismos. Otra alternativa poco explorada que ha sido propuesta para la producción de nanoestructuras a base de hierro y titanio (NFe-Ti), radica en utilizar el método de síntesis hidrotérmico alcalino a partir de precursores baratos y sin refinar, que contengan de manera natural hierro y titanio en su estructura, como es el caso de las arenas ilmeníticas.



Yacimientos de arenas ilmeníticas, ferrotitaníferas o comúnmente llamadas arenas negras, se localizan en la franja costera ecuatoriana. Este recurso mineral ha sido subvalorado en el país; de hecho, en el 2014 el precio por tonelada fue de apenas 24 dólares. A nivel nacional, su principal aplicación está destinada al sector cementero como corrector de clínker, lo que evidencia que en la actualidad no se ha planteado un uso que implique el desarrollo de un producto con elevado valor agregado. Varias investigaciones reportadas en literatura han caracterizado a las arenas del sector de Mompiche, y determinaron que estas poseen altas concentraciones de ilmenita (FeTiO_3), hematita (Fe_2O_3) y magnetita (Fe_3O_4), que van del 45-56%, 10-17% y 25-37%, respectivamente. Dicha información corrobora el gran potencial que tendrían estas arenas como materia prima para la síntesis de NFe-Ti. En efecto, la presente propuesta es particularmente relevante no solo por plantear el aprovechamiento de un recurso nacional de bajo costo, poco estudiado y sin refinar, sino también porque la composición mineralógica de las arenas negras ecuatorianas difiere con la de las arenas estudiadas en literatura para estos fines, ya que presentan un mayor contenido de hierro y sobre todo contienen magnetita.

La magnetita posee excelentes propiedades de adsorción, ópticas, magnéticas y de biocompatibilidad. Por esto, su presencia en las NFe-Ti podría ampliar el campo de aplicación de las mismas, especialmente en la captura de contaminantes y/o procesos de degradación fotoinducidos en medios acuosos, puesto que facilitaría la separación de las NFe-Ti a través del uso de un magneto permanente.

Asimismo, la importancia de la ejecución del presente proyecto también está sustentada por el método que se utilizaría para la obtención de las nanoestructuras híbridas. La síntesis hidrotérmica alcalina es un método ventajoso, ya que es directo (de un solo paso), económico, relativamente sencillo y de bajo consumo de energía. Además, su versatilidad permite obtener nanoestructuras con varias morfologías como nanohojas, nanofibras, nanocintas, entre otras, según los parámetros de operación. Cabe recalcar que en el Ecuador las metodologías, procesos y protocolos para la obtención y síntesis de nanoestructuras híbridas con morfologías diferentes a la de nanopartículas esféricas convencionales, de manera general son escasos. La inversión para desarrollar actividades de investigación en las áreas de materiales y nanotecnología a nivel nacional aún es insuficiente, a pesar de que en los últimos años se ha comprobado que estas ramas del conocimiento han revolucionado el mundo moderno y a futuro resolverán muchos de los problemas actuales. Por lo tanto, la ejecución del presente proyecto tendría un gran impacto, ya que potenciaría al Ecuador a nivel de investigación científica, industrialización y tecnología, fomentando su desarrollo y el fortalecimiento de su competitividad a nivel internacional, generando un producto de elevado valor agregado a partir de materias primas nacionales que actualmente están siendo explotadas y comercializadas sin tomar en cuenta su verdadero valor económico.

Por otro lado, es imprescindible señalar que para la ejecución de esta propuesta se aprovecharán la experiencia y conocimientos conseguidos en proyectos previos relacionados con la síntesis de nanomateriales oxidicos, puesto que se desea dar continuidad a las investigaciones realizadas, así como fortalecer el conocimiento adquirido, y generar nuevo. Conjuntamente, el desarrollo de este proyecto consolidaría el grupo de investigación multidisciplinario SEMAV (Síntesis, evaluación y aplicaciones de materiales avanzados), puesto que se realizarían actividades de investigación y desarrollo en las áreas de nanotecnología y ciencia e ingeniería de materiales, e incluso se podrían apuntalar relaciones de cooperación con otros sectores tanto del medio académico como del industrial, ya sean del sector público y privado. Con estas acciones también se vería favorecido el posicionamiento nacional e internacional de la EPN, así como en el cumplimiento de su misión de capacitar y formar profesionales con estándares de excelencia, y el desarrollo de la investigación científica.

4 Impacto de la investigación

4.1 Impacto Social (máximo 250 palabras)

A nivel mundial, la obtención de nuevos materiales y su aplicación en nanotecnologías han sido tópicos fundamentales para el perfeccionamiento científico y tecnológico de los últimos años. Este progreso es concomitante con el de las sociedades. Sin embargo, en el Ecuador estudios y trabajos relacionados con estas ramas del conocimiento aún son escasos e incipientes. Por lo tanto, para que localmente se fomenten este tipo de propuestas de innovación, es necesario aumentar el número de profesionales especializados en estas temáticas. Para ello, es trascendental la ejecución de proyectos como este en donde los proponentes socializarían los conocimientos adquiridos y generados para capacitar a estudiantes, investigadores jóvenes y profesionales afines. El país requiere de inversión para preparar a expertos cualificados con conocimientos actuales, y que mejor si se lo hace de manera local.



Asimismo, el impacto social de la ejecución del presente proyecto vendría dado por las potenciales aplicaciones que tendrían los nanomateriales sintetizados, ya que estos podrían solucionar problemas actuales u obtener mecanismos alternativos para mejorar y facilitar procesos en sectores como el ambiental, de energías, materiales compuestos, entre otros. De hecho, si se industrializara este producto de elevado valor agregado sintetizado partir de materias primas nacionales y baratas, se impulsaría el cambio de la matriz productiva del Ecuador.

4.2 Impacto Económico (máximo 250 palabras)

Establecer aplicaciones alternativas para el aprovechamiento de materias primas locales subvaloradas, con el objetivo de producir bienes con elevado valor agregado, contribuye enormemente al potencial desarrollo económico del Ecuador. Es así, que la obtención de nanomateriales magnéticos híbridos de hierro y titanio a partir de arenas negras nacionales sin refinar, sería es una propuesta muy atractiva para impulsar el cambio de la matriz productiva. Mediante la ejecución del presente proyecto se pretende captar el interés de potenciales inversionistas tanto del sector público como del privado, con el propósito de obtener fondos y destinarlos al fortalecimiento del presente trabajo, así como para dar continuidad a esta investigación, pues es importante mencionar que esta sería una etapa inicial que abre las puertas a muchas otras oportunidades tanto de investigación como de industrialización para el desarrollo científico-tecnológico del país. De esta manera, a largo plazo, este proyecto podría incentivar el mercado de nanomateriales y nanotecnología localmente; y generar ingresos significativos al Ecuador por su comercialización a nivel internacional.

Adicionalmente, se beneficiaría al sector de proveedores de insumos para laboratorio, ya que este proyecto requiere la adquisición de equipos especializados, así como de reactivos y otros materiales. Con ello, se generaría un nuevo mercado con potenciales probabilidades de expansión, pues la demanda a nivel internacional de nanoestructuras con morfologías no convencionales está en auge y constante crecimiento. Sin embargo, a nivel nacional estas aún no se las ha desarrollado a escala laboratorio, ni mucho menos industrialmente.

4.3 Impacto Político (máximo 250 palabras)

A partir de la información y los conocimientos obtenidos mediante la ejecución del presente proyecto, se promovería la formulación de políticas públicas que permitan un mejor aprovechamiento de los recursos naturales, así como la valorización de las materias primas nacionales, en este caso particular en referencia a las arenas negras ecuatorianas.

Además, el impacto político que se desea alcanzar está enfocado en consolidar nexos con entidades gubernamentales, como el Ministerio de Minería; el Instituto de Investigación Geológico, Minero y Metalúrgico (INIGEMM); Empresa Nacional Minera del Ecuador (ENAMI EP); así como el Ministerio del Ambiente y la Secretaría del Agua (Senagua), para socializar los resultados obtenidos en la presente investigación, y a futuro plantear en la industria una aplicación alternativa de las arenas ilmeníticas para sintetizar nanomateriales magnéticos híbridos, así como para usarlos en diversos sectores. De esta manera, se integraría el trabajo investigativo que realiza la Escuela Politécnica Nacional con instituciones públicas, en busca de un fin común que beneficiaría la calidad y condiciones de vida de los ecuatorianos.

4.4 Impacto Científico (máximo 250 palabras)

A pesar de que el desarrollo de nanomateriales ha sido considerado como una temática de relevancia internacional, en el país esta línea de investigación aún es incipiente. De hecho, localmente no se han reportado trabajos relacionados con la síntesis de nanoestructuras magnéticas híbridas con morfologías diferentes a las esféricas convencionales. Por lo tanto, se pretende solventar esta brecha en el conocimiento, definiendo una nueva y sencilla metodología que utiliza materias primas nacionales y sin refinar para la obtención de estos nanomateriales. El impacto en el ámbito científico se reflejaría con la socialización de los resultados mediante la publicación de artículos indexados de alto impacto. Esto posicionaría a la EPN y al Ecuador en el campo de investigación científica en las áreas de la Ciencia e Ingeniería de Materiales, así como de la Nanotecnología, tanto a nivel regional como mundial.

Por otro lado, con la ejecución de este proyecto también se contribuiría al desarrollo de las líneas de investigación de la Facultad de Ingeniería Mecánica, mismas que están alineadas con las de la EPN.



4.5 Otro Impacto (máximo 250 palabras)

El impacto ambiental del presente proyecto se relaciona con los resultados esperados de los nanomateriales sintetizados, si su actividad fotocatalítica es alta provocarían un impacto ambiental positivo, ya que se habrá desarrollado una potencial metodología para remediación ambiental de sistemas hídricos. La descontaminación y saneamiento del agua, giran en torno a mejorar la calidad de vida, cuidarla y preservarla, pues su polución es un problema que afecta a todos los seres vivos, pudiendo ocasionar incluso la muerte.

Asimismo, el impacto ambiental que tendría la ejecución del presente proyecto sería mínimo, ya que este viene dado por los procesos de explotación minera (excavación y recolección) que se realizarían a las arenas ilmeníticas, los cuales ya están siendo efectuados en las zonas de Mompiche - El Ostional (Esmeraldas) y Playas (Guayas). Es decir, la ejecución del proyecto no tendría un impacto ambiental adicional al que ya se tiene por esta actividad. De hecho, lo que se pretende con la presente propuesta es aumentar la utilidad de esta actividad proponiendo un aprovechamiento alternativo y más lucrativo de esta materia prima.

Por otro lado, con este proyecto se impulsaría el desarrollo y consolidación del Programa de Maestría de Investigación en Materiales, propuesto por el Departamento de Materiales y aprobado por el Consejo de Educación Superior. Esto contribuiría en la formación de talento humano en áreas de gran interés e impacto potencial en el desarrollo del país.

5 Productos esperados

Tipo de Producto:	Marcar con una "X"
a. Publicaciones científicas y/o patente (obligatorio);	X
b. Disertación a la comunidad politécnica;	X
c. Trabajo de titulación de acuerdo a lo que establece el Reglamento de Régimen Académico y la Normativa Interna de la EPN;	X
d. Aplicación tecnológica construida o implementada;	
e. Perfil de proyecto de mayor impacto científico, técnico, pedagógico o de innovación.	X

6 Descripción, metodología y diseño del proyecto

6.1 Descripción, metodología y diseño del proyecto (Máximo dos carillas)

El desarrollo experimental de la presente investigación iniciará con la recolección de muestras de arenas ilmeníticas. Primero, se estudiará la disponibilidad de las arenas ilmeníticas en el Ecuador y se seleccionarán, según datos publicados en la bibliografía, aquellas zonas en las cuales este recurso mineral cuente con las mayores concentraciones de ilmenita ($\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$) y magnetita (Fe_3O_4) para recolectar las muestras de precursor natural [1-5]. A continuación, se caracterizarán las arenas ilmeníticas recolectadas para determinar su composición química y fases cristalinas. Para ello, las arenas ilmeníticas recolectadas serán sometidas inicialmente a un sencillo tratamiento de muestra que consistirá en la disminución del tamaño de partícula a través de un proceso de molienda. Las muestras antes y después de esta etapa serán caracterizadas por microscopía óptica (MO) y microscopía electrónica de barrido (MEB) con el propósito de determinar la morfología y tamaño de partícula. Asimismo, se realizarán análisis por difracción de rayos X (DRX) para identificar las fases cristalinas presentes. Con base en los resultados de las diferentes caracterizaciones se seleccionarán las mejores arenas como material precursor para la síntesis de nanoestructuras magnéticas híbridas. Se escogerán las muestras que presenten los mayores porcentajes de $\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$ y Fe_3O_4 .

Para la síntesis de las nanoestructuras magnéticas híbridas se utilizará la ruta hidrotérmica alcalina, en un reactor de teflón (autoclave) con controladores de temperatura, presión y velocidad de agitación. En este procedimiento, las arenas ilmeníticas seleccionadas serán adicionadas a una solución concentrada de hidróxido



de sodio (NaOH). Serán estudiados los efectos de la concentración de la solución de NaOH, así como de la temperatura y tiempo de reacción en la morfología, tamaño y fases cristalinas de los productos sintetizados. También se evaluará la influencia del tipo de lavado de los materiales sintetizados (lavado con agua o solución ácida) [6,7].

Las nanoestructuras híbridas de ferrititanatos-magnetita serán caracterizadas por difracción de rayos X (DRX), microscopía electrónica de transmisión (MET) y análisis de adsorción de nitrógeno por el método BET para determinar la estructura cristalina, tamaño, y área superficial específica, respectivamente [8–12]. Estas caracterizaciones permitirían definir las mejores condiciones de síntesis para la obtención de nanoestructuras magnéticas híbridas con determinadas morfologías y fases cristalinas específicas, lo cual es importante para sus potenciales aplicaciones [13,14]. Si se requiriesen análisis adicionales para caracterizar a las nanoestructuras sintetizadas, tentativamente se recurrirían a las técnicas de espectrometría de infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR) y espectroscopía Raman.

Finalmente, para evaluar la actividad fotocatalítica de las nanoestructuras híbridas sintetizadas, se estudiará la degradación de un compuesto orgánico al poner estos dos materiales en contacto. Se preparan soluciones sintéticas con el analito seleccionado (compuesto orgánico-colorante), y se cuantificará la concentración de este antes y después de la interacción con las nanoestructuras magnéticas híbridas bajo irradiación UV-VIS. Esta determinación se realizará a partir de la técnica espectrofotometría UV-VIS [15–18].

- [1] D. Trujillo, L. Manangon, Titanium Dioxide Recovery from Ilmenite Contained in Ferrotitaniferous Sands from Mompiche-Ecuador, *J. Geol. Resour. Eng.* 4 (2016) 175–183. doi:10.17265/2328-2193/2016.04.003.
- [2] S.M. Perez, S. Sharadqah, Recovery of TiO₂ from Titaniferous Sand of Esmeraldas- Ecuador , using Ion Exchange Resins, 7 (2017) 80–92.
- [3] A. Flores, Arenas ferrotitaníferas de la Isla de Portete, Esmeraldas, como fuente de obtención de Dióxido de Titanio (TiO₂), Universidad Técnica Particular de Loja, 2017.
- [4] M. Chuquirima, L. Cortez, ESTUDIO Y OBTENCIÓN DE METAL DE HIERRO A PARTIR DE ARENAS FERRUGINOSAS, Escuela Politécnica Nacional, 2014. <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/8859/3/CD-5935.pdf>.
- [5] D. Venegas, Estudio y caracterización física de arenas ferrosas depositadas sobre sustrato vítreo con aplicaciones industriales, Escuela Politécnica Nacional, 2018.
- [6] P.M. Jardim, L. Mancic, B.A. Marinkovic, O. Milosevic, F. Rizzo, Na_x-yHyTi₂-xFexO₄·nH₂O nanosheets with lepidocrocite-like layered structure synthesized by hydrothermal treatment of ilmenite sand, *Cent. Eur. J. Chem.* 9 (2011) 415–421. doi:10.2478/s11532-011-0016-8.
- [7] A.M.L.M. Costa, B.A. Marinkovic, N.M. Suguihiro, D.J. Smith, M.E.H.M. Da Costa, S. Paciornik, Fe-doped nanostructured titanates synthesized in a single step route, *Mater. Charact.* 99 (2015) 150–159. doi:10.1016/j.matchar.2014.11.029.
- [8] H. Teng, S. Xu, D. Sun, Y. Zhang, Preparation of Fe-Doped TiO₂ Nanotubes and Their Photocatalytic Activities under Visible Light, 2013 (2013).
- [9] X.Q. Li, L.F. Liu, S.Z. Kang, J. Mu, G.D. Li, Visible-Light Photocatalytic Property of Titanate Nanotubes Sensitized by Several Porphyrins, *Adv. Mater. Res.* 239–242 (2011) 2403–2406. doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.239-242.2403.
- [10] S. Xin, H. Jing, C. Dong, Visible-light-induced photocatalyst based on nickel titanate nanoparticles, *Ind. Eng. Chem. Res.* 47 (2008) 4750–4753. doi:10.1021/ie071619d.
- [11] X. Ding, X.G. Xu, Q. Chen, L.M. Peng, Preparation and characterization of Fe-incorporated titanate nanotubes, *Nanotechnology.* 17 (2006) 5423–5427. doi:10.1088/0957-4484/17/21/023.
- [12] H. Lee, Y.K. Park, S.J. Kim, B.H. Kim, S.C. Jung, Fe-decorated TiO₂ powder photocatalysts with enhanced visible-light-driven degradation activities, *Surf. Coatings Technol.* 307 (2016) 1018–1023. doi:10.1016/j.surfcoat.2016.08.033.
- [13] A. Dosen, P.I. Pontón, B.A. Marinkovic, Thermally induced phase transformations of lepidocrocite-like ferrititanate nanosheets synthesized from a low cost precursor by hydrothermal method, *Mater. Chem. Phys.* 197 (2017) 138–144. doi:10.1016/j.matchemphys.2017.05.030.
- [14] B.A. Marinkovic, P.I. Pontón, J.M. Resende, S. Letichevsky, M. Habran, J.B. Viol, O. Pandoli, L. Mancic, Lepidocrocite-like ferrititanate nanosheets and their full exfoliation with quaternary ammonium compounds, *Mater. Des.* 85 (2015) 197–204. doi:10.1016/j.matdes.2015.06.171.
- [15] Y. Zhang, Z. Jiang, J. Huang, L.Y. Lim, W. Li, J. Deng, D. Gong, Y. Tang, Y. Lai, Z. Chen, Titanate



- and titania nanostructured materials for environmental and energy applications: A review, RSC Adv. 5 (2015) 79479–79510. doi:10.1039/c5ra11298b.
- [16] M.J. Gázquez, J.P. Bolívar, R. Garcia-Tenorio, F. Vaca, A Review of the Production Cycle of Titanium Dioxide Pigment, Mater. Sci. Appl. 05 (2014) 441–458. doi:10.4236/msa.2014.57048.
- [17] Q. Chen, L.M. Peng, Structure and applications of titanate and related nanostructures, Int. J. Nanotechnol. 4 (2007) 44. doi:10.1504/IJNT.2007.012314.
- [18] F. Liu, Y. Jin, H. Liao, L. Cai, M. Tong, Y. Hou, Facile self-assembly synthesis of titanate/ Fe_3O_4 nanocomposites for the efficient removal of Pb^{2+} from aqueous systems, J. Mater. Chem. A. 1 (2013) 805–813. doi:10.1039/C2TA00099G.

7 Infraestructura, equipos y fondos adicionales

7.1 Infraestructura y equipos

Para la ejecución del presente proyecto se dispone de los equipos que se detallan a continuación:

Infraestructura	Equipos	
Laboratorio de Nuevos Materiales (LANUM)	Nombre del Equipo	Ubicación del Equipo
	Balanza analítica, RADWAG AS220R2	Laboratorio de Nuevos Materiales, Departamento de Materiales
	Balanza analítica, SHIMADZU AUX220	
	Equipo de caracterización superficial, Quantachrome Novatouch LX-1	
	Equipo dispersador ultra turrax T25	
	Equipo de purificación de agua, Aquelix 5	
	Equipo de purificación de agua, Thermo Scientific Smart2Pure	
	Espectrómetro infrarrojo, Perkin Elmer Spectrum 100 /Spotlight 200	
	Espectrómetro Raman, Horiba HR Evolution	
	Estufa de secado, MMM Group Venticell 404	
	Estufa de secado a vacío THERMOFISHER	
	Lámpara UV, UVP DR1900	
	Microscopio óptico, Zeiss Axiolab	
	Molino planetario de esferas, Retsch PM400	
	pH metro, Jenway 3510	
	Plancha de calentamiento con agitación, Cimarec	
	Sistema de microscopía electrónica de barrido, ASPEX Express	

7.2 Breve justificación del equipo requerido

Los equipos que se requieren para la ejecución de este proyecto se describen a continuación:

- Reactor (autoclave): Este equipo es indispensable para poder realizar la síntesis a través de la ruta hidrotérmica alcalina de las nanoestructuras magnéticas híbridas. La disponibilidad de este tipo de reactores en el país es nula. Por lo tanto, se lo desea adquirir no solo para cumplir con los objetivos del presente proyecto, sino también para fortalecer la instrumentación disponible en el Ecuador para la síntesis de nanomateriales con morfologías no convencionales.



- Espectrofotómetro UV-VIS: Para determinar la degradación de un compuesto orgánico ante la interacción con las nanoestructuras híbridas sintetizadas, es necesaria la adquisición de este equipo con el objetivo de poder cuantificar de manera sencilla y rápida el grado de dicha degradación. Este equipo sería de gran utilidad en las diversas investigaciones que se realizan en el Departamento de Materiales en temas relacionados con la remoción de contaminantes de sistemas acuosos, ya que los investigadores contarían con una herramienta más robusta para cuantificar estos procedimientos de descontaminación.

Ambos equipos serían ubicados en el Laboratorio de Nuevos Materiales (LANUM) de la Facultad de Ingeniería Mecánica.

7.3 Fondos Adicionales

- *Otros fondos de otros organismos (si los hubiere)*

1.

Título del Proyecto:

Síntesis, caracterización y evaluación de la actividad fotocatalítica de nanoestructuras magnéticas híbridas de hierro-titanio obtenidas a partir de precursores naturales

Nº	Actividad	Presupuesto de la Actividad	AÑO 1												AÑO 2											
			Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
1	Seleccionar las arenas ilmeníticas ecuatorianas más adecuadas para la síntesis de nanoestructuras magnéticas híbridas a base de hierro y titanio.		[Shaded]																							
1.1	Recolectar las muestras de arenas ilmeníticas	\$ 1,120.00	[Shaded]																							
1.2	Caracterizar las muestras de arenas ilmeníticas		[Shaded]																							
2	Establecer los parámetros óptimos de la síntesis hidrotérmica alcalina para la obtención de las nanoestructuras híbridas.		[Shaded]																							
2.1	Adquirir el reactor para realizar la síntesis de nanomateriales	\$ 39,760.00	[Shaded]																							
2.2	Realizar ensayos en el laboratorio con diferentes condiciones de síntesis (tiempo, temperatura, presión) y tipos de lavado	\$ 168.00	[Shaded]																							
3	Caracterizar las nanoestructuras híbridas a partir de distintas técnicas experimentales para determinar su estructura cristalina, morfología, tamaño y área superficial		[Shaded]																							
3.1	Realizar análisis de difracción de rayos X	\$ 560.00	[Shaded]																							
3.2	Realizar análisis por microscopía electrónica de transmisión	\$ 560.00	[Shaded]																							
3.3	Realizar análisis BET	\$ 1,120.00	[Shaded]																							
4	Evaluar la actividad fotocatalítica de las nanoestructuras magnéticas híbridas de hierro y titanio sintetizadas, a partir del estudio de la degradación de un compuesto orgánico		[Shaded]																							
4.1	Adquirir el espectrofotómetro UV-VIS	\$ 31,987.20	[Shaded]																							
4.2	Cuantificar el grado de degradación del compuesto orgánico	\$ 1,008.00	[Shaded]																							
5	Transferir los resultados obtenidos al medio externo para su aprovechamiento académico e industrial	\$ 280.00	[Shaded]																							
5.1	Elaboración de 2 tesis de maestría o 1 tesis doctoral		[Shaded]																							
5.2	Elaboración de 2 artículos presentados en inglés en revistas SCIMAGO-SCOPUS, Q3 o superior	\$ 1,189.00	[Shaded]																							
5.3	Desarrollo de una conferencia o seminario relacionados con las temáticas del presente proyecto		[Shaded]																							
5.4	Elaboración y presentación de un artículo en congreso	\$ 2,240.00	[Shaded]																							



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

PRESUPUESTO PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN



AÑO 1

Título del proyecto

Síntesis, caracterización y evaluación de la actividad fotocatalítica de nanoestructuras magnéticas híbridas de hierro-titanio obtenidas a partir de precursores naturales

Lista de Items	Cantidad	Unidad	Precio Unitario Referencial	Precio Total Referencial	Precio Unitario Referencial + Aporte IESS	Precio Total Referencial con IVA + Aporte del IESS
1 Contratación de servicios personales por contrato						
1.1 Ayudantes de investigación		mes	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
1.2 Prestación de servicios profesionales (Homologado Escala de remuneración de servidores publicos)		mes	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 1			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Lista de Items	Cantidad	Unidad	Precio Unitario Referencial sin IVA	Precio Total Referencial sin IVA	Precio Unitario Referencial con IVA	Precio Total Referencial con IVA
2 Maquinaria y equipo especializado						
2.1 Reactor BR-500 de marca Berghof - De 500mL en acero inoxidable con controladores de presión, temperatura y agitación, repuestos y computador	1	1	\$ 35,500.00	\$ 35,500.00	\$ 39,760.00	\$ 39,760.00
2.2 Espectrofotómetro UV-VIS	1	1	\$ 28,560.00	\$ 28,560.00	\$ 31,987.20	\$ 31,987.20
Subtotal 2			\$ 64,060.00	\$ 64,060.00	\$ 71,747.20	\$ 71,747.20
3 Equipo informático						
3.1 Item 1 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 3			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4 Insumos y reactivos						
4.1 Hidroxido de sodio	2	kg	\$ 50.00	\$ 100.00	\$ 56.00	\$ 112.00
4.2 Compuesto orgánico	1	kg	\$ 900.00	\$ 900.00	\$ 1,008.00	\$ 1,008.00
4.3 Ácidos	1	L	\$ 50.00	\$ 50.00	\$ 56.00	\$ 56.00
4.5 Gases BET	1	S/D	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00	\$ 1,120.00	\$ 1,120.00
Subtotal 4			\$ 2,000.00	\$ 2,050.00	\$ 2,240.00	\$ 2,296.00
5 Literatura especializada						
5.1 Item 1 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 5			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
6 Salidas de campo y de muestreo						
6.1 Pasajes al interior	1		\$ 250.00	\$ 250.00	\$ 280.00	\$ 280.00
6.2 Viaticos y subsistencias al interior	1		\$ 750.00	\$ 750.00	\$ 840.00	\$ 840.00
Subtotal 6			\$ 1,000.00	\$ 1,000.00	\$ 1,120.00	\$ 1,120.00
7 Ponencias nacionales, capacitaciones y/o visitas técnicas						
7.1 Pasajes al interior				\$ -	\$ -	\$ -
7.2 Viaticos y subsistencias al interior				\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 7			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
8 Ponencias en el exterior, capacitaciones, y/o visitas técnicas						
8.1 Pasajes al exterior				\$ -	\$ -	\$ -
8.2 Viaticos al exterior				\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 8			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
9 Pago de inscripciones						
9.1 Pago de inscripciones al interior				\$ -	\$ -	\$ -
9.2 Pago de inscripciones al exterior				\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 9			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
10 Pago de publicaciones y patentes						
10.1 Pago de publicaciones			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
10.2 Pago de publicaciones al exterior	1		\$ 500.00	\$ 500.00	\$ 685.00	\$ 685.00
10.3 Pago de patentes			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 10			\$ 500.00	\$ 500.00	\$ 685.00	\$ 685.00
TOTAL				\$ 67,610.00		\$ 75,848.20



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
PRESUPUESTO PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN



AÑO 2

Título del proyecto

Síntesis, caracterización y evaluación de la actividad fotocatalítica de nanoestructuras magnéticas híbridas de hierro-titanio obtenidas a partir de precursores naturales

Lista de Items	Cantidad	Unidad	Precio Unitario Referencial	Precio Total Referencial	Precio Unitario Referencial + Aporte IESS	Precio Total Referencial con IVA + Aporte del IESS
1 Contratación de servicios personales por contrato						
1.1 Ayudantes de investigación		mes	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
1.2 Prestación de servicios profesionales (Homologado Escala de remuneración de servidores públicos)		mes	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 1			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Lista de Items	Cantidad	Unidad	Precio Unitario Referencial sin IVA	Precio Total Referencial sin IVA	Precio Unitario Referencial con IVA	Precio Total Referencial con IVA
2 Maquinaria y equipo especializado						
2.1 Item 1 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 2			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3 Equipo informático						
3.1 Item 1 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 3			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4 Insumos y reactivos						
4.4 Análisis DRX y TEM	20	N/A	\$ 50.00	\$ 1,000.00	\$ 56.00	\$ 1,120.00
Subtotal 4			\$ 50.00	\$ 1,000.00	\$ 56.00	\$ 1,120.00
5 Literatura especializada						
5.1 Item 1 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 5			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
6 Salidas de campo y de muestreo						
6.1 Pasajes al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
6.2 Viaticos y subsistencias al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 6			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
7 Ponencias nacionales, capacitaciones y/o visitas técnicas						
7.1 Pasajes al interior	1		\$ 100.00	\$ 100.00	\$ 112.00	\$ 112.00
7.2 Viaticos y subsistencias al interior	1		\$ 150.00	\$ 150.00	\$ 168.00	\$ 168.00
Subtotal 7			\$ 250.00	\$ 250.00	\$ 280.00	\$ 280.00
8 Ponencias en el exterior, capacitaciones, y/o visitas técnicas						
8.1 Pasajes al exterior	1		\$ 1,200.00	\$ 1,200.00	\$ 1,344.00	\$ 1,344.00
8.2 Viaticos al exterior	1		\$ 800.00	\$ 800.00	\$ 896.00	\$ 896.00
Subtotal 8			\$ 2,000.00	\$ 2,000.00	\$ 2,240.00	\$ 2,240.00
9 Pago de inscripciones						
9.1 Pago de inscripciones al interior	1		100.00	\$ 100.00	\$ 112.00	\$ 112.00
9.2 Pago de inscripciones al exterior	1		350.00	\$ 350.00	\$ 392.00	\$ 392.00
Subtotal 9			\$ 450.00	\$ 450.00	\$ 504.00	\$ 504.00
10 Pago de publicaciones y patentes						
10.1 Pago de publicaciones				\$ -	\$ -	\$ -
10.2 Pago de publicaciones al exterior				\$ -	\$ -	\$ -
10.2 Pago de patentes			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 10			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
TOTAL				\$ 3,700.00		\$ 4,144.00



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
PRESUPUESTO PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN



Título del proyecto

Síntesis, caracterización y evaluación de la actividad fotocatalítica de nanoestructuras magnéticas híbridas de hierro-titanio obtenidas a partir de precursores naturales

Presupuesto consolidado sin IVA

AÑO	Contratación de servicios personales por contrato	Maquinaria y equipo especializado	Equipo informático	Insumos y reactivos	Literatura especializada	Salidas de campo y de muestreo	Ponencias nacionales, capacitaciones y/o visitas técnicas	Ponencias en el exterior, capacitaciones, y/o visitas técnicas	Pago de inscripciones	Pago de publicaciones y patentes	Total sin IVA
1	\$ -	\$ 64,060.00	\$ -	\$ 2,050.00	\$ -	\$ 1,000.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 500.00	\$ 67,610.00
2	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 1,000.00	\$ -	\$ -	\$ 250.00	\$ 2,000.00	\$ 450.00	\$ -	\$ 3,700.00
TOTAL	\$ -	\$ 64,060.00	\$ -	\$ 3,050.00	\$ -	\$ 1,000.00	\$ 250.00	\$ 2,000.00	\$ 450.00	\$ 500.00	\$ 71,310.00

Presupuesto consolidado con IVA

AÑO	Contratación de servicios personales por contrato	Maquinaria y equipo especializado	Equipo informático	Insumos y reactivos	Literatura especializada	Salidas de campo y de muestreo	Ponencias nacionales, capacitaciones y/o visitas técnicas	Ponencias en el exterior, capacitaciones, y/o visitas técnicas	Pago de inscripciones	Pago de publicaciones y patentes	Total con IVA
1	\$ -	\$ 71,747.20	\$ -	\$ 2,296.00	\$ -	\$ 1,120.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 685.00	\$ 75,848.20
2	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 1,120.00	\$ -	\$ -	\$ 280.00	\$ 2,240.00	\$ 504.00	\$ -	\$ 4,144.00
TOTAL	\$ -	\$ 71,747.20	\$ -	\$ 3,416.00	\$ -	\$ 1,120.00	\$ 280.00	\$ 2,240.00	\$ 504.00	\$ 685.00	\$ 79,992.20

DECLARACIÓN FINAL

TIPO DE PROYECTO

Proyecto Interno Proyecto Semilla Proyecto Junior Proyecto Multi e Interdisciplinario

TIPO DE INVESTIGACIÓN

Investigación básica Investigación aplicada

TÍTULO DEL PROYECTO

Síntesis, caracterización y evaluación de la actividad fotocatalítica de nanoestructuras magnéticas híbridas de hierro-titanio obtenidas a partir de precursores naturales

DECLARACIÓN DEL DIRECTOR DEL PROYECTO

El equipo de investigadores, representado por el Director del Proyecto declara lo siguiente:

- Que el presente proyecto es una obra original de este equipo de investigadores y por tanto, asumimos la completa responsabilidad legal en caso de que un tercero alegue la titularidad de los derechos intelectuales del proyecto, exonerando a la EPN de cualquier acción legal que se derive por esta causa.
- Que el presente proyecto no ha sido presentado en ninguna convocatoria de otra institución pública o privada solicitando el financiamiento total del presupuesto. El incumplimiento será causal para que la propuesta sea descalificada de la convocatoria de la EPN.
- Que todos los bienes adquiridos en el proyecto permanecerán bajo la custodia y responsabilidad del director de proyecto.
- Que aceptamos que si el proyecto genera algún producto o procedimiento susceptible de obtener de derechos de propiedad intelectual, de los cuales se deriven beneficios, éstos serán compartidos entre los investigadores y la EPN.
- Que aceptamos conocer y cumplir con la normativa vigente para la gestión de proyectos de investigación.

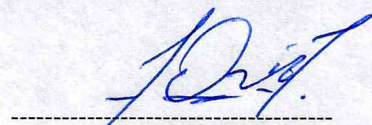


Firma del Director del Proyecto
Nombre: Ing. Víctor H. Guerrero, PhD.
C.I.: 1710736669

DECLARACIÓN DEL JEFE DE DEPARTAMENTO

Esta propuesta ha sido avalada por el Consejo del Departamento de *Materiales*, en sesión del día *16 Ago. 2018* mediante resolución No. *028-2018*

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.



Firma del Jefe del Departamento
Nombre: Ing. Fausto Oviedo, MSc.
C.I.: 0601001761



*Se debe adjuntar el acta en el que conste la resolución que avala la propuesta de proyecto.