

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN INTERNOS SIN
FINANCIAMIENTO O AUTOGESTIONADOS**
ANEXO 1 - DATOS INFORMATIVOS

Fecha de presentación (dd/mm/aa): 17/02/2020

Título del proyecto: *(Revisar la guía para la presentación de las propuestas de los proyectos de investigación)*
Síntesis de catalizadores vía co-precipitación y sol-gel para aplicaciones en reacciones de oxidación selectiva

TIPOS DE INVESTIGACIÓN

Investigación básica

Investigación aplicada

DEPARTAMENTO(S) Y/O INSTITUTO(S):

1. DEPARTAMENTO DE METALURGIA EXTRACTIVA

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

1. CARBONES ACTIVADOS , ADSORBENTES Y CATALIZADORES

RESUMEN DE INFORMACIÓN DEL DIRECTOR Y COLABORADORES

<u>Director</u>				
Apellidos y nombres	No. de Cédula	HSS	Departamento	Título de mayor nivel y mención.
Managón Perugachi Lucía Eliana	1720014859	12	Departamento de Metalurgia Extractiva	Maestría en Ciencias

<u>Colaborador(es)</u>				
Apellidos y nombres	No. de Cédula	HSS	Departamento	Título de mayor nivel y mención.
De la Torre Ernesto (colaborador)	1705612230	6	Departamento de Metalurgia Extractiva	Doctorado en Bioingeniería
Endara Diana (colaborador)	1715611040	6	Departamento de Metalurgia Extractiva	Doctorado en Ciencias de Materiales
Lozada Ana Belén (colaborador técnico)	0503610602	6	Departamento de Metalurgia Extractiva	Ingeniera Química
Aragón Carlos (colaborador técnico)	1719251553	6	Departamento de Metalurgia Extractiva	Doctorado en Bioingeniería

<u>Colaboradores Externos</u>				
Apellidos y nombres	No. de identificación	HSS	Institución	Título de mayor nivel y mención.

* HSS = Horas Semana Semestre

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN INTERNOS SIN
FINANCIAMIENTO O AUTOGESTIONADOS**
ANEXO 2 – DETALLES DE LA PROPUESTA

Investigación Básica <input type="checkbox"/>	Investigación Aplicada <input checked="" type="checkbox"/>
DEPARTAMENTO(S) Y/O INSTITUTO(S):	
1. DEPARTAMENTO DE METALURGIA EXTRACTIVA	
LINEA(S) DE INVESTIGACIÓN:	
1. CARBONES ACTIVADOS , ADSORBENTES Y CATALIZADORES	

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.	



I	Proyecto de Investigación
	Título: Síntesis de catalizadores vía co-precipitación y sol-gel para aplicaciones en reacciones de oxidación selectiva
	Resumen del proyecto (máximo 200 palabras) <p>Los óxidos combinados de metales de transición son catalizadores utilizados ampliamente en reacciones de oxidación debido a que son compuestos altamente activos y versátiles, que gracias a sus propiedades pueden ser fácilmente separados y reutilizados sin disminuir su actividad catalítica. Los catalizadores de cobalto y hierro serán sintetizados mediante el método de co-precipitación utilizando nitratos como sales precursoras e hidróxido de sodio como agente precipitante, posteriormente serán cubiertos por una capa protectora de sílice obtenida por el método sol-gel. Los óxidos de titanio y silicio se obtendrán mediante el método sol-gel utilizando tetraetoxisilano (TEOS) y butóxido de titanio. Se realizará la caracterización de los catalizadores usando las técnicas de análisis: Difracción de rayos X (DRX), Espectroscopia Infrarroja por Transformadas de Fourier (FTIR), Análisis Termogravimétrico (TGA), Microscopía Electrónica de Barrido (MEB), Análisis Granulométrico mediante Dispersión Dinámica de Luz Láser (DLS), Fisisorción de Nitrógeno y Reflectancia difusa ultravioleta. Como etapa preliminar a los ensayos de oxidación se realizarán unos blancos relacionados al uso de la olefina, catalizador, estándar interno y oxidante, a partir de esta información se determinarán los mejores parámetros para la reacción de oxidación. Finalmente, se evaluará la actividad catalítica de los catalizadores en reacciones de oxidación selectiva.</p>
	Palabras clave (4-6): catálisis heterogénea, óxidos combinados, metales de transición, oxidación selectiva, olefinas.



2	Objetivos, relevancia, productos y resultados esperados de esta propuesta de investigación
----------	---

2.1 Objetivos

2.1.1 Objetivo General

- Sintetizar catalizadores basados en óxidos combinados de cobalto y hierro y en óxidos combinados de titanio y silicio vía co-precipitación y sol-gel para aplicaciones en reacciones de oxidación selectiva.

2.1.2 Objetivos Específicos

- a. Sintetizar el catalizador basado en óxidos de cobalto y hierro (ferrita de cobalto) por el método de co-precipitación utilizando nitratos como precursores.
- b. Recubrir a la ferrita de cobalto con una capa protectora de óxido de silicio vía sol-gel.
- c. Sintetizar el catalizador basado en óxido de titanio en matriz de óxido de silicio por el método sol-gel.
- d. Caracterizar la estructura y textura de los catalizadores obtenidos utilizando las diferentes técnicas de análisis.
- e. Estudiar la influencia del método de síntesis de los catalizadores sobre la actividad catalítica en la oxidación selectiva del estireno.
- f. Difundir los resultados obtenidos a través de publicaciones técnicas en revistas especializadas.

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

- a. Se habrán determinado las mejores condiciones de síntesis de los catalizadores basados en óxidos de cobalto y hierro mediante el método de co-precipitación.
- b. Se habrá obtenido un recubrimiento de sílice en la ferrita de cobalto utilizando el método sol-gel.
- c. Se habrán determinado las mejores condiciones de síntesis de los catalizadores basados en óxidos de titanio y silicio mediante el método de sol-gel.
- d. Se habrán caracterizado la estructura y textura de los catalizadores obtenidos mediante las diferentes técnicas de análisis.
- e. Se habrá evaluado la actividad catalítica de los catalizadores en reacciones de oxidación selectiva de estireno.
- f. Se habrán difundido los resultados de las investigaciones en publicaciones técnicas en revistas especializadas.

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

El Departamento de Metalurgia Extractiva (DEMEX) desarrolla investigaciones aplicadas en el área de tecnología de catálisis, dentro de la línea de investigación de carbones activados, adsorbentes y catalizadores. El trabajo propuesto aportará al desarrollo de catalizadores basados en óxidos de metales de transición, para reacciones de oxidación selectiva con lo que se busca expandir el conocimiento sobre métodos para síntesis de catalizadores y su aplicabilidad en reacciones de interés industrial y académico.

La presente investigación permitirá establecer una metodología para la síntesis y caracterización de catalizadores de óxidos combinados; de esta manera se busca asentar las bases conceptuales referentes a las propiedades, aplicabilidad y versatilidad de estos materiales, características que pueden ser aprovechadas y ampliadas en futuros proyectos que podrán ser ejecutados en el DEMEX.

Desde el punto de vista ambiental y económico, los catalizadores heterogéneos presentan ciertas ventajas sobre los catalizadores homogéneos utilizados tradicionalmente. Durante los últimos años se han realizado esfuerzos por desarrollar catalizadores altamente activos, selectivos y reciclables para procesos heterogéneos debido a su fácil separación y potencial reciclaje [2, 10]. Los complejos de metales de transición y sus óxidos se conocen como catalizadores viables para la oxidación de diversos compuestos orgánicos debido a los estados de oxidación variables [12]. Las ferritas de metales de



transición se han catalogado como un tipo de materiales de elevada estabilidad química y térmica con gran interés tecnológico. Las ferritas de espinela, con la fórmula estándar MFe_2O_4 son materiales versátiles que exhiben varias propiedades interesantes, como ópticas, electrónicas, magnéticas y catalíticas. Los materiales se han aplicado en catálisis con mejores resultados que sus correspondientes óxidos metálicos de un solo componente [11]. Estos óxidos compuestos se han utilizado ampliamente en reacciones de oxidación, como la oxidación de propanol [1], ciclopentano [6], estireno [6], oxidación de alquenos [7], entre otros.

Con el fin de mejorar la actividad catalítica de las ferritas manteniendo sus propiedades magnéticas, se ha propuesto el uso de capas protectoras. La sílice SiO_2 , es un material usado con frecuencia como recubrimiento, debido a su bajo costo, a su estabilidad, su baja toxicidad y su elevada área superficial [15].

Por otro lado, entre los catalizadores que han sido probados con éxito en reacciones de oxidación, se encuentran la zeolita TS-1 que contiene titanio. Pese a ser un catalizador muy eficiente, el porcentaje atómico de los sitios activos en su estructura cristalina está limitado a un máximo de 2.5% ($nTi/(nTi+nSi)$). Además, la microporosidad intrínseca de TS-1 no permite su uso en reacciones de oxidación, como epoxidación de olefinas grandes debido a limitaciones de difusión. Es así que se busca la formación de óxidos mixtos, ya sean cristalinos o amorfos, con elevada área superficial y poros más grandes para extender la versatilidad de los catalizadores que contienen Ti a un rango más amplio de sustratos [13].

Los catalizadores mesoporosos que contienen titanio, con un área de superficie alta y un tamaño de poro grande, muestran una mayor actividad catalítica en la conversión de moléculas grandes. Las silicalitas de titanio han sido usadas ampliamente como catalizadores para la oxidación de alquenos, procesos de gran importancia industrial y académica. Los epóxidos son intermedios importantes en la síntesis orgánica. Los sitios activos de las silicalitas de titanio son especies de superficie Ti (IV) aisladas u oligoméricas unidas a la red de sílice por puentes Si-O-Ti. Por lo tanto, para lograr que un catalizador sea eficiente en la epoxidación se debe considerar una amplia dispersión a escala molecular de los átomos de Ti, alta área superficial específica y diámetros de poro lo suficientemente grandes como para acomodar olefinas voluminosas [8].

El proceso sol-gel puede ofrecer ventajas decisivas para la síntesis de catalizadores heterogéneos, como la homogeneidad a escala molecular, la alta pureza y la textura controlada del material final. La síntesis de silicalitas de titanio por el método sol-gel resulta más atractivo debido a que los átomos de titanio se distribuyen uniformemente en la matriz para lograr un buen rendimiento catalítico, así se evita la formación de TiO_2 [4].

En este contexto los catalizadores basados en óxidos combinados de metales de transición constituyen alternativas de gran interés tecnológico para ser usados en reacciones heterogéneas de oxidación selectiva por su alta actividad catalítica y fácil recuperación y reutilización.



4 Productos esperados (marcar con una "X" al menos uno de los productos no señalados)

Tipo de Producto:	Marcar con una "X"
a. Disertación a la Comunidad Politécnica (obligatorio);	X
b. Presentación de un artículo en formato de la Revista Politécnica (obligatorio)	X
c. Proyecto de Titulación;	X
d. Aplicación tecnológica construida o implementada;	
e. Patente presentada;	
f. Perfil de proyecto de mayor impacto científico, técnico, pedagógico o de innovación.	
g. Publicaciones científicas indexada en SCIMAGO-SCOPUS/WoS/SCIELO/Latindex Catálogo o un artículo en congreso indexado en SCOPUS.	

5 Descripción y metodología y diseño del proyecto

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

Descripción del proyecto

El proyecto está enfocado en la obtención de dos tipos de catalizadores basados en óxidos combinados de metales de transición para ser utilizados en reacciones de oxidación selectiva de interés industrial. La síntesis de estos catalizadores heterogéneos es atractiva debido a que son compuestos altamente activos, versátiles, separables y reutilizables. Gracias a las propiedades magnéticas y a las matrices utilizadas como soporte en los catalizadores, estos pueden ser separados con facilidad y pueden ser reutilizados sin disminuir su actividad catalítica, disminuyendo costos y mejorando la eficiencia de la reacción [3].

En esta investigación se propone la síntesis de catalizadores de óxidos mixtos de cobalto y hierro (ferrita de cobalto) y catalizadores basados en óxidos combinados de titanio y silicio (silicalitas de titanio), mismos que serán empleados en reacciones de oxidación. Los métodos de síntesis que se utilizarán son co-precipitación y sol-gel, que son consideradas metodologías limpias al no generar subproductos contaminantes.

Se realizará una caracterización física, química y textural de los catalizadores de óxidos de cobalto y hierro y óxido de titanio y silicio usando las técnicas de: Difracción de rayos X (DRX), Espectroscopia Infrarroja por Transformadas de Fourier (FTIR), Análisis Termogravimétrico (TGA), Microscopía Electrónica de Barrido (MEB), Análisis Granulométrico mediante Dispersión Dinámica de Luz Láser (DLS), Fisisorción de Nitrógeno y Reflectancia difusa ultravioleta (DRUV).

Se evaluará la actividad catalítica de los materiales sintetizados en una reacción de oxidación selectiva que será monitoreada mediante la medición de las concentraciones de reactivos y productos por la técnica de Cromatografía de Gases (GC). Finalmente se compararán las actividades catalíticas en función del método de síntesis, del tipo de sitio activo y del posible mecanismo de reacción.



Metodología y diseño del proyecto

a) *Síntesis de la ferrita de cobalto CoFe_2O_4 con el método de co-precipitación.*

Se sintetizará ferrita de cobalto, CoFe_2O_4 , mediante el método de co-precipitación utilizando nitratos como sales precursoras e hidróxido de sodio (NaOH, Merck, 99%) como agente precipitante [5]. Para ello, se preparará una solución 0.4 M de nitrato de cobalto ($\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, Alfa Aesar, 98%) y nitrato de hierro ($\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, Merck, 98%) manteniendo una relación molar $\text{Co/Fe} = 0.5$, y una solución de hidróxido de sodio de concentración 0.3 M. La solución de nitratos se someterá a agitación magnética constante y se añadirá el agente precipitante paulatinamente, hasta alcanzar un pH igual a 11. La agitación se realizará a temperatura ambiente durante 2 horas. Transcurrido este tiempo se filtrará el precipitado negro formado, luego se secará el producto durante 12 h a 110 °C. El precipitado seco se calcinará a temperaturas entre 600 y 1000 °C durante 4 horas, luego se realizará un lavado ácido con una solución de ácido sulfúrico al 2% para eliminar los óxidos presentes en la estructura de la espinela. Finalmente se secará la ferrita de cobalto.

b) *Formación de la ferrita de cobalto recubierta con una capa protectora de sílice ($\text{CoFe}_2\text{O}_4 @ \text{SiO}_2$) por el método de sol-gel.*

La ferrita de cobalto obtenida por el método de co-precipitación se recubrirá con una capa protectora de sílice mediante el método de Stober modificado. La capa de sílice se forma en la superficie de las partículas de ferrita mediante la hidrólisis y la condensación de un alcoxisilano [9]. Se realizará una disolución de etanol, hidróxido de amonio y agua destilada, se añadirán las partículas de ferrita de cobalto en diferentes relaciones, se agitará la suspensión y luego se adicionará el precursor que en este caso es el ortosilicato de tetraetilo (TEOS, Sigma-Aldrich, 98%). La mezcla se someterá a agitación constante a 40°C durante 6 h y después se lavará con agua destilada algunas veces y finalmente se secará y calcinará a temperaturas entre 300-500°C [16].

c) *Síntesis del catalizador basado en óxido de titanio en matriz de óxido de silicio por el método sol-gel.*

El catalizador se preparará a través de un sol-gel en un recipiente para lograr una buena dispersión de titanio, según el método descrito por Smeets, (2019), con ciertas adaptaciones [14]. Se usarán Tetraetoxisilano estándar (TEOS, Sigma-Aldrich, 98%) como precursor de la matriz de sílice y butóxido de Titanio (TiBut, Sigma-Aldrich, grado reactivo del 97%) como precursor de Ti en relaciones Ti/Si iguales a 0.02 y 0.025. Se preparará la solución precursora añadiendo el butóxido de titanio gota a gota al Hidróxido de tetrapropil amonio (TPAOH, Merck). La solución se agitará durante 10 minutos, y luego se verterá agua destilada y se agitará por otros 10 minutos. Transcurrido este tiempo, se agregarán los reactivos TEOS y la mezcla final será agitada durante toda la noche a temperatura ambiente en un recipiente cerrado para hidrolizar los precursores. Al día siguiente, se realizará el envejecimiento de la solución, para ello se colocará en un horno a 70 °C por 15 h. Posterior a esto se añadirá el surfactante Pluronic F127 (F127, BASF) y la solución se agitará durante 1 h. La mezcla se someterá a agitación constante a 70°C durante 6 h y finalmente se secará y calcinará a temperaturas entre 300-500°C durante 10 horas [14].

d) *Caracterización estructural y textural de los catalizadores basados en óxidos combinados de cobalto y hierro y en óxidos de titanio y silicio.*

Los catalizadores obtenidos serán caracterizados mediante difracción de rayos X (DRX) para determinar de forma cualitativa y cuantitativa la presencia de fases cristalinas en los productos obtenidos. Se obtendrán las imágenes morfológicas de los catalizadores mediante el uso del Microscopio Electrónico de Barrido (MEB). Se realizarán análisis de fisisorción de nitrógeno y se utilizará el método Brunauer–Emmett–Teller (BET), para determinar el área superficial específica, volumen poroso y diámetro de poro de los catalizadores. Las muestras se someterán a un análisis termogravimétrico (TGA). Se utilizará la técnica de análisis de espectroscopía Infrarroja por Transformadas de Fourier (FTIR) para la evaluación de los grupos funcionales de los catalizadores. Se obtendrá la distribución de tamaño de partículas por un Análisis Granulométrico mediante Dispersión Dinámica de Luz Láser (DLS). Se obtendrá información sobre la distribución de sitios activos e inactivos presentes en los catalizadores mediante Reflectancia difusa ultravioleta (DRUV).

e) *Evaluación de la actividad catalítica de los sólidos sintetizados en la oxidación selectiva del estireno.*



Se realizarán pruebas experimentales para determinar la actividad catalítica de los catalizadores en las reacciones de oxidación del estireno, para ello se prepararán los siguientes blancos: a) estándar interno, catalizador y oxidante para determinar si el estándar permanece estable o no y relacionar estos resultados con pérdidas o no en la reacción, b) estireno y oxidante en ausencia de catalizador, c) estireno y catalizador, sin oxidante, d) estándar interno, oxidante y catalizador, y e) estándar interno, oxidante, estireno y catalizador. A partir de estos resultados se seleccionará el mejor estándar interno y oxidante.

Una vez establecidas las condiciones óptimas de reacción, se evaluará la actividad catalítica de los materiales sintetizados. Se medirán las concentraciones de reactivos y productos mediante cromatografía de gases (GC) y se compararán las actividades catalíticas en función del método de síntesis, del tipo de sitio activo y del posible mecanismo de reacción.

f) *Difusión los resultados obtenidos a través de publicaciones técnicas en revistas especializadas*

Con los resultados de este estudio se elaborarán documentos técnicos para su publicación y difusión en espacios específicos a nivel nacional, como congresos y seminarios.

Bibliografía empleada

- [1] Anke, S., Falk, T., Bendt, G., Sinev, I., Hävecker, M., Antoni, H., Muhler, M. (2020). On the reversible deactivation of cobalt ferrite spinel nanoparticles applied in selective 2-propanol oxidation. *Journal of Catalysis*, 382, 57–68. <https://doi.org/10.1016/j.jcat.2019.12.007>
- [2] Bo, L., Hu, Y., Zhang, Z., Balanay, M., Fan, H., & Tong, J. (2018). Highly efficient oxidation of cyclopentene catalyzed by magnetically recoverable Ca–Co ferrite spinels with high solvent selectivity. *Polyhedron*, 154, 182–188. <https://doi.org/10.1016/j.poly.2018.07.037>
- [3] Ghosh, B. K., Moitra, D., Chandel, M., Lulla, H., & Ghosh, N. N. (2017). Ag nanoparticle immobilized mesoporous TiO₂-cobalt ferrite nanocatalyst: A highly active, versatile, magnetically separable and reusable catalyst. *Materials Research Bulletin*, 94, 361–370. <https://doi.org/10.1016/j.materresbull.2017.06.015>
- [4] Guo, Z., Xiong, G., Liu, L., Li, P., Hao, L., Cao, Y., & Tian, F. (2016). Aerosol-assisted synthesis of hierarchical porous titanasilicate molecular sieve as catalysts for cyclohexene epoxidation. *Journal of Porous Materials*, 23(2), 407–413. <https://doi.org/10.1007/s10934-015-0094-7>
- [5] Hammiche-Bellal, Y., Zouaoui-Mahzoul, N., Lounas, I., Benadda, A., Benrabaa, R., Auroux, A., Djadoun, A. (2017). Cobalt and cobalt-iron spinel oxides as bulk and silica supported catalysts in the ethanol combustion reaction. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 426(x), 97–106. <https://doi.org/10.1016/j.molcata.2016.11.005>
- [6] Jeyavani, V., Pawar, S., Dadwal, A., Joy, P. A., & Mukherjee, S. P. (2019). Size-controlled Cobalt Ferrite Nanocrystals: Magnetically separable Reusable Nanocatalysts for Selective Oxidation of Styrene. *ChemistrySelect*, 4(21), 6524–6531. <https://doi.org/10.1002/slct.201900714>
- [7] Kooti, M., & Afshari, M. (2012). Phosphotungstic acid supported on magnetic nanoparticles as an efficient reusable catalyst for epoxidation of alkenes. *Materials Research Bulletin*, 47(11), 3473–3478. <https://doi.org/10.1016/j.materresbull.2012.07.001>
- [8] Lafond, V., Mutin, P. H., & Vioux, A. (2004). Control of the texture of titania-silica mixed oxides prepared by nonhydrolytic sol-gel. *Chemistry of Materials*, 16(25), 5380–5386. <https://doi.org/10.1021/cm0490569>
- [9] Li, C., Ma, C., Wang, F., Xi, Z., Wang, Z., Deng, Y., & He, N. (2012). Preparation and biomedical applications of core-shell silica/magnetic nanoparticle composites. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 12(4), 2964–2972. <https://doi.org/10.1166/jnn.2012.6428>



- [10] Martins, N. M. R., Pombeiro, A. J. L., & Martins, L. M. D. R. S. (2018). A green methodology for the selective catalytic oxidation of styrene by magnetic metal-transition ferrite nanoparticles. *Catalysis Communications*, 116, 10–15. <https://doi.org/10.1016/j.catcom.2018.08.002>
- [11] Pourgolmohammad, B., Masoudpanah, S. M., & Aboutalebi, M. R. (2017). Synthesis of CoFe₂O₄ powders with high surface area by solution combustion method: Effect of fuel content and cobalt precursor. *Ceramics International*, 43(4), 3797–3803. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2016.12.027>
- [12] Shaabani, A., Hezarkhani, Z., & Nejad, M. K. (2017). Cr- and Zn-substituted cobalt ferrite nanoparticles supported on guanidine-modified graphene oxide as efficient and recyclable catalysts. *Journal of Materials Science*, 52(1), 96–112. <https://doi.org/10.1007/s10853-016-0314-9>
- [13] Smeets, V., Mustapha, L. Ben, Schnee, J., Gaigneaux, E. M., & Damien, P. (n.d.). Surface polarity to improve performance in the presence of water, 1–20.
- [14] Smeets, V., Boissière, C., Sanchez, C., Gaigneaux, E.M., Peeters, E., Sels B.F., Dusselier, M & Damien P. (2019). *Chemistry of Materials* 2019 31 (5), 1610-1619. DOI: 10.1021/acs.chemmater.8b04843
- [15] Sudarsanam, P., Zhong, R., Van Den Bosch, S., Coman, S. M., Parvulescu, V. I., & Sels, B. F. (2018). Functionalised heterogeneous catalysts for sustainable biomass valorisation. *Chemical Society Reviews*, 47(22), 8349–8402. <https://doi.org/10.1039/c8cs00410b>
- [16] Teng, Z., Su, X., Chen, G., Tian, C., Li, H., Ai, L., & Lu, G. (2012). Superparamagnetic high-magnetization composite microspheres with Fe₃O₄@SiO₂ core and highly crystallized mesoporous TiO₂ shell. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 402, 60–65. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2012.03.019>

6 Infraestructura, equipos y fondos adicionales.

6.1 Infraestructura y equipos

- Indicar la infraestructura y equipos **disponibles** para la ejecución del proyecto, con la ubicación actual de los mismos

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.

Infraestructura	Equipos	
	Nombre del Equipo	Ubicación del Equipo
Laboratorio del Departamento de Metalurgia Extractiva	Dos equipos de absorción atómica Perkin Elmer AAnalyst 200, AAnalyst 300 con horno de grafito y muestreadores automáticos	Departamento de Metalurgia Extractiva
	Dos Difractómetros de rayos X (D8 Advance- Bruker)	Departamento de Metalurgia Extractiva
	Microscopio Electrónico de Barrido con micro-analizador de rayos X (Tescan- Bruker)	Departamento de Metalurgia Extractiva



	Espectroscopía de Infrarrojo por Transformada de Fourier (Perkin Elmer FTIR/NIR)	Departamento de Metalurgia Extractiva
	Cromatógrafo de Gases (Perkin Elmer Clarus 580)	Departamento de Metalurgia Extractiva
	Analizador Termogravimétrico (Perkin Elmer STA 8000)	Departamento de Metalurgia Extractiva
	Analizador de área específica superficial por adsorción de nitrógeno (Quantachrome NovaWin)	Departamento de Metalurgia Extractiva
	Estufas y muflas	Departamento de Metalurgia Extractiva
	Espectrofotómetro HACH	Departamento de Metalurgia Extractiva

6.2 Breve justificación del equipo requerido

- Justificar la infraestructura y equipos solicitados para la ejecución del proyecto e indicar el departamento en el cual se ubicará dicho equipamiento.

6.3 Fondos Adicionales

- Otros fondos de otros organismos (si los hubiere)

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN INTERNOS SIN
FINANCIAMIENTO O AUTOGESTIONADOS
ANEXO 4 - DECLARACIÓN

TIPO DE INVESTIGACIÓN

Investigación básica

Investigación aplicada

TÍTULO DEL PROYECTO

Síntesis de catalizadores vía co-precipitación y sol-gel para aplicaciones en reacciones de oxidación selectiva

DECLARACIÓN DEL DIRECTOR DEL PROYECTO

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

- Que el presente proyecto es una creación original de mi autoría y del 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. El incumplimiento será causal para que el proyecto no sea tomado en consideración.
- Que todos los bienes adquiridos en proyecto permanecerán bajo la custodia y responsabilidad del director de proyecto durante la ejecución del mismo.
- Que si el proyecto genera algún producto o procedimiento susceptible de obtener derechos de propiedad intelectual, de los cuales se deriven beneficios, aceptamos que éstos serán compartidos entre los investigadores y la institución o las instituciones participantes en el proyecto, conforme a lo establecido en el COESC.
- Que el equipo de investigadores y/o instituciones participantes se comprometen a mantener la confidencialidad de la información si ésta podría ser susceptible de protección por patentes, y solicitar la valoración de propiedad intelectual respectiva previa a cualquier publicación o difusión.
- Que para el caso de derechos de autor otorgamos una licencia de uso exclusivo con fines académicos para la o las instituciones participantes en el proyecto.



Firma del Director del Proyecto

Nombre: Lucía Manangón

C.I.: 1720014859



DECLARACIÓN DEL JEFE DE DEPARTAMENTO

Esta propuesta ha sido aprobada y avalada por el Consejo del Departamento de *Metalogía Extractiva*, en sesión del día *21.02.2020* mediante resolución No. *08-20*.

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.

Ernesto de la Torre

Firma del Jefe del Departamento
Nombre: Ernesto de la Torre
C.I.: 1705612230

