

REPÚBLICA DE COLOMBIA
SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

Resolución N° 44604

Ref. Expediente N° NC2021/0017701

Por la cual se deniega una Patente de Invención

LA SUPERINTENDENTE DE INDUSTRIA Y COMERCIO

en ejercicio de sus facultades legales, en especial de las conferidas en el numeral 24 del artículo 3° del Decreto 4886 de 2011, y

CONSIDERANDO:

Que mediante escrito radicado en esta Superintendencia el 22 de diciembre de 2021 con el No. NC2021/0017701, ECOPETROL S.A. presentó la solicitud de patente de invención titulada "NANOCOMPOSITOS MAGNÉTICOS HÍBRIDOS DE HIERRO Y CARBONO Y SU MÉTODO DE PREPARACIÓN".

Que la solicitud fue publicada en la Gaceta de la Propiedad Industrial No. 984 el 30 de diciembre de 2022, sin que se hubieran presentado oposiciones por parte de terceros.

Que realizado el examen de fondo mediante Oficio No. 21588 de 3 de diciembre de 2025, se requirió al solicitante en los términos del artículo 45 de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina para que presentara respuesta a las observaciones de carácter técnico, relacionadas con la patentabilidad o cumplimiento de los requisitos establecidos por esta Decisión para la concesión de la patente.

Que, mediante escrito radicado bajo el No. NC2021/0017701 de 3 de marzo de 2026, el solicitante respondió oportunamente el requerimiento formulado. Adicionalmente, bajo el No. NC2026/0002658 de 4 de marzo de 2026, presentó las reivindicaciones 1 a 10 que reemplazan las originalmente presentadas. Se acepta este último capítulo reivindicatorio presentado, comoquiera que se ajusta a las prescripciones contenidas en el artículo 34 de la Decisión 486.

Que en virtud de lo dispuesto en el artículo 14 de la Decisión 486 expedida por la Comisión de la Comunidad Andina: *"Los países miembros otorgarán patentes para las invenciones, sean de producto o de procedimiento, en todos los campos de la tecnología, siempre que sean nuevas, tengan nivel inventivo y sean susceptibles de aplicación industrial."*

Que las reivindicaciones 1 a 10, radicadas bajo el No. NC2026/0002658 de 4 de marzo de 2026, no cumplen los requisitos indicados. Lo anterior, de acuerdo con las siguientes consideraciones:

Objeto de la invención

El problema planteado consiste en la necesidad de obtener un sub-producto de la industria del petróleo el cual actúa como agente de reducción carbotérmica y además conlleva a la formación de nanohojas de carbono con nanopartículas magnéticas soportadas y a nanopartículas magnéticas recubiertas con capas de carbono.

Para resolver dicho problema técnico, la solicitud plantea un nanocomposito magnético híbrido de hierro y carbono, caracterizado porque comprende nanopartículas de óxido de

Ref. Expediente N° NC2021/0017701

hierro recubiertas de una capa de carbono constituidas por un núcleo de óxido de hierro (II) y hierro (III) del tipo Fe_3O_4 (Magnetita), una capa de carbono de tipo coque, que resulta de un proceso de formación carbotérmico de coque, donde las nanopartículas de óxido de hierro en tamaños que oscilan entre los 10 y 1000 nm las cuales están recubiertas de una capa de carbono o soportadas en una capa nanoestructurada de carbono y una proporción entre la fuente de carbono y los precursores de hierro entre 60:1 y 1:60, respectivamente. Además de un método de preparación del nanocomposito magnético híbrido de hierro y carbono.

Reivindicaciones (Art. 30 Decisión 486)

En virtud de lo dispuesto en el artículo 30, de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina que señala:

“Las reivindicaciones definirán la materia que se desea proteger mediante la patente. Deben ser claras y concisas y estar enteramente sustentadas por la descripción. Las reivindicaciones podrán ser independientes o dependientes. Una reivindicación será independiente cuando defina la materia que se desea proteger sin referencia a otra reivindicación anterior. Una reivindicación será dependiente cuando defina la materia que se desea proteger refiriéndose a una reivindicación anterior. Una reivindicación que se refiera a dos o más reivindicaciones anteriores se considerará una reivindicación dependiente múltiple”.

Las reivindicaciones presentan las siguientes observaciones:

En la reivindicación 1 (c) se definen “*nanopartículas de óxido de hierro*”, indicando que “*tamaños que oscilan entre los 10 a 1000 nm*”. No obstante, de acuerdo con la definición establecida por la International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC), el término nanopartícula se aplica exclusivamente a partículas cuyas dimensiones se encuentran entre 1 a 100 nm¹. Por lo tanto, el rango de 10 a 1000 nm excede el límite superior aceptado para ser considerado dentro de la definición de nanopartícula, lo que resulta contradictorio con la terminología técnica aceptada y carece de claridad conforme a lo dispuesto en la normativa aplicable.

Las reivindicaciones 2 y 3 mencionan que el hierro puede estar en aleaciones que “*contengan otros metales comprendidos entre; Mn, Mg, Co, W, Ti, Zn, Ag, Au, Pt, Cu, Al, Ca, Ba, Na, Li, K, Ni, Cr, V, Cd, Si, Ga, In*”. No obstante, en la descripción no se evidencia la incorporación de ninguno estos metales dentro de los nanocompositos reivindicados. Por lo cual carecen de sustento.

La reivindicación 5 hace mención a un procedimiento, pero este no se define mediante una secuencia lógica de etapas y/o mediante sus condiciones técnicas esenciales.

La reivindicación 5 presenta una inconsistencia técnica, ya que en la etapa c) se indica que las nanopartículas de hierro corresponden a la fase “*hematita*”, lo cual contradice lo establecido en la reivindicación 1, donde se define que el nanocompuesto está constituido por “*magnetita*”. En consecuencia, se evidencia que el procedimiento descrito en la reivindicación 5 no corresponde a la obtención del mismo material magnético definido en la reivindicación principal, sino a un método distinto.

La etapa d) de la reivindicación 5 presenta una falta de rigurosidad en la notación científica y en la expresión de las unidades de flujo, particularmente en el empleo incorrecto de

¹ <https://goldbook.iupac.org/terms/view/09538>

Ref. Expediente N° NC2021/0017701

superíndices. Asimismo, se identifica un error de formato consistente en un espacio innecesario al inicio del paréntesis en la expresión “0.01 y 10 L/min (1.667e-7 y 0.000167 m3/s)”.

La reivindicación 10 presenta errores tipográficos que afectan la claridad del texto, consistentes en una doble coma en la enumeración de los gases y en un espacio innecesario al inicio del paréntesis.

Determinación del Estado de la Técnica

La fecha para determinar el estado de la técnica es el 22 de diciembre de 2021 que corresponde la fecha de presentación.

Consultadas las fuentes de información con que se cuenta, se encontraron los siguientes documentos que anticipan el objeto de esta solicitud:

Ítem	Documento	Título	Fecha de publicación
D2	Abdullah, M. ² <i>RSC advances</i>	“Novel magnetic iron oxide nanoparticles coated with sulfonated asphaltene as crude oil spill collectors”	15 de junio de 2016
D4	Chu, Y. <i>ACS applied materials & interfaces</i>	“Three-Dimensionally macroporous Fe/C nanocomposites as highly selective oil-absorption materials”	24 de abril de 2012
D5	Wenbing, L. <i>Journal of Wuhan University of Technology-Mater</i>	“Synthesis and caracterizacion of biomimetic Fe ₃ O ₄ /coke magnetic nanoparticles composite material”	13 de abril de 2016

² Se deja constancia de que el documento identificado como D2 en el Oficio 21588 de 3 de diciembre de 2025 corresponde al documento inicialmente referido como D1 por la Oficina en el Oficio 10065 de 27 de junio de 2025. En consecuencia, y con el fin de mantener la coherencia en la numeración y trazabilidad documental, dicho documento se mantendrá identificado como D2.

D2³ divulga un empleo de asfálteno como agente de recubrimiento de magnetita para la obtención de nanomateriales magnéticos para aplicaciones ambientales (Resumen) (Referencia).

D4⁴ divulga nanocompositos de Fe/C como material de absorción para la remoción de crudo de la superficie del agua (Resumen).

D5⁵ divulga un composito de Fe₃O₄/Coque usando coque para soportar nanopartículas magnéticas de Fe₃O₄, que tiene una relación Coque/Fe₃O₄ de 0.6 (Resumen).

Nivel Inventivo (Art. 18 Decisión 486)

³Abdullah, M. M., Al-Lohedan, H. A., & Atta, A. M. (2016). Novel magnetic iron oxide nanoparticles coated with sulfonated asphaltene as crude oil spill collectors. *RSC advances*, 6(64), 59242-59249. Recuperado de <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2016/ra/c6ra09651d/unauth>.

⁴ Chu, Y., & Pan, Q. (2012). Three-dimensionally macroporous Fe/C nanocomposites as highly selective oil-absorption materials. *ACS applied materials & interfaces*, 4(5), 2420-2425. Recuperado de <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/am3000825>.

⁵ Lu, L., Li, W., Wang, G., Zhang, Z., Wan, D., Lü, L., ... & Jiang, S. (2016). Synthesis and characterization of biomimetic Fe₃O₄/coke magnetic nanoparticles composite material. *Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed.*, 31(2), 254-259. Recuperado de: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11595-016-1361-4>



Superintendencia de
Industria y Comercio

Resolución N° 44604

Ref. Expediente N° NC2021/0017701

Teniendo en cuenta lo señalado en el artículo 18 de la Decisión 486 de 2000 de la Comisión de la Comunidad Andina, la reivindicación independiente 1 (NC2026/0002658 de 4 de marzo de 2026) refiere a: “*Un nanocomposito magnético híbrido de hierro y carbono (...)*”. A continuación, se presenta la tabla comparativa entre el objeto reivindicado y los documentos encontrados en el estado de la técnica:

CARACTERÍSTICAS ESENCIALES	D2	D5
Un nanocomposito magnético híbrido de hierro y carbono, caracterizado porque comprende nanopartículas de óxido de hierro recubiertas de una capa de carbono, caracterizada por los siguientes componentes:	Nanopartículas altamente magnéticas y metálicas con un recubrimiento de carbono (Resumen, Página 59244-59246)	Nanopartículas de Fe ₃ O ₄ /Coque (Página 255, Sección 2.2)
a. Un núcleo de óxido de hierro (II) y hierro (III) del tipo Fe ₃ O ₄ (Magnetita)	núcleo de nanopartículas de Magnetita (Fe ₃ O ₄) (Figura 2, Página 59246)	Fe ₃ O ₄ NPs (nanopartículas) (Página 255, Sección 2.2)
b. Una capa de carbono de tipo coque generada de un proceso de formación carbotérmico de coque	Recubrimiento de asfáltenos (SAS) (Figura 1, Página 59244-59246)	Una capa de coque (Página 255, Sección 2.2)
c. Unas nanopartículas de óxido de hierro en tamaños que oscilan entre los 10 y 1000 nm las cuales están recubiertas de una capa de carbono tipo coque o soportadas en una capa nanoestructurada de carbono tipo coque	las nanopartículas de óxido de hierro con forma esférica irregular de un diámetro promedio de 10.8 a 100 nm (Figura 4-5, Página 59246-59247)	Nanopartículas de Fe ₃ O ₄ de 90 nm en Fe ₃ O ₄ /Coque Nanopartículas de Fe ₃ O ₄ puro 180 nm (Página 256, Sección 3.1)
d. Una proporción entre la fuente de carbono y los precursores de hierro entre 60:1 y 1:60, respectivamente	Proporción entre asfáltenos (SAS)/magnetita de 1.1:1 y 0.9:1 (Cantidad de FeCl ₃ ·6H ₂ O = 5 g - 7.21 g y SAS = 1.3 - 2.3 g en la síntesis)* (Página 59243, Sección 2.2)	Relación de Coque/ Fe ₃ O ₄ 0.4-1.2 (Página 257, Figura 6)

*Calculado a partir de la relación en peso, en la cual se emplea el siguiente calculo para conocer la masa_{Fe₃O₄} = g sal FeCl₃ · 6H₂O $\left(\frac{1 \text{ mol FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}}{270.3 \text{ g FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}}\right) \left(\frac{1 \text{ mol de Fe}}{1 \text{ mol de FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}}\right) \left(\frac{1 \text{ mol de Fe}_3\text{O}_4}{3 \text{ mol de Fe}}\right) \left(\frac{231.5 \text{ g de Fe}_2\text{O}_3}{1 \text{ mol de Fe}_3\text{O}_4}\right)$.

D2 es considerado como el estado de la técnica más cercano a la invención definida en la reivindicación 1, ya que se refiere a nanopartículas del tipo núcleo-cáscara, donde dicho núcleo consiste en un metal o aleación que tiene propiedades magnéticas blandas y dicha cáscara contiene capas de grafeno que son opcionalmente funcionalizadas a nuevas nanopartículas y método de fabricación de dichas nanopartículas (Resumen), donde las nanopartículas de óxido de hierro con forma esférica irregular de un diámetro promedio de 10.8 a 100 nm (Figura 4-5, Página 59246-59247). Además, los precursores para la formación de los núcleos de magnetita están basados en cloruro de hierro hexahidratado, hidróxido de amonio, yoduro de potasio y sulfato de sodio (Página 59243, Sección 2.1).

La diferencia entre la invención definida entre la reivindicación 1 y el producto divulgado en D2 consiste en que el carbono que forma el recubrimiento de las nanopartículas es carbono tipo coque y una proporción entre la fuente de carbono y los precursores de hierro entre 60:1 y 1:60.

No hay evidencia de que el incluir específicamente el carbono tipo coque como el recubrimiento de las nanopartículas y una proporción entre la fuente de carbono y los precursores de hierro entre 60:1 y 1:60 proporcione un composito con algún efecto técnico diferente al que ya proporcionaba el objeto de D2, puesto que nanopartículas con núcleo

Ref. Expediente N° NC2021/0017701

de un metal y recubrimiento de carbono ya había sido previsto en dicho documento (Resumen).

Por lo tanto, el problema técnico objetivo que pretende resolver esta invención se puede formular así: ¿Cómo modificar el producto conocido en D2 con el fin de proporcionar otro producto alternativo?

Sin embargo, el incluir carbono tipo coque como el recubrimiento de las nanopartículas y una proporción entre la fuente de carbono y los precursores de hierro entre 60:1 y 1:60 ya está divulgado en D5 que se refiere a un compuesto de Fe_3O_4 /Coque usando coque para soportar nanopartículas magnéticas de Fe_3O_4 (Resumen).

En consecuencia, la persona normalmente versada en la materia estaría motivada a incluir el carbono tipo coque como recubrimiento de nanopartículas con núcleos de Fe_3O_4 y una proporción entre la fuente de carbono y los precursores de hierro entre 60:1 y 1:60 del D5 en el material de D2, para así llegar al objeto de la reivindicación 1. Por lo cual se considera obvia.

Adicionalmente, D2 menciona que se evidencia el correcto recubrimiento de las nanopartículas de magnetita por parte de los asfaltenos por las bandas observadas en infrarrojo (Figura 1, Página 59244). Los patrones de difracción de rayos X (DRX) confirman la presencia de magnetita sin contaminación por otros óxidos de hierro, según los picos característicos en $2\theta = 30,17, 35,53, 43,16, 53,51, 57,27, 62,77$ y $73,79$, correspondientes a Fe_3O_4 , identificados por sus índices (220), (311), (400), (422), (511), (440) y (622), según JCPDS n.º 65-3107 (Figura 2, Página 59246). Además, la curva de magnetización indica la ausencia de remanencia o coercitividad a temperatura ambiente y sugiere las características superparamagnéticas de las nanopartículas (Figura 7, Tabla 1, Página 59247).

De igual manera, D5 menciona que se emplea el sulfato ferroso ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), como sal precursora de Fe_3O_4 y se realiza una oxidación in situ para preparar el coque empleando peróxido de hidrógeno (H_2O_2) (Página 255, Sección 2.1).

Las reivindicaciones dependientes 2 a 4 no mencionan alguna característica que, junto con las características de la reivindicación independiente, aporte nivel inventivo al producto de la reivindicación 1, por lo cual se considera que carece de nivel inventivo.

Asimismo, la reivindicación independiente 5 (NC2026/0002658 de 4 de marzo de 2026) refiere a: “Un método de preparación del nanocomposito magnético híbrido de hierro y carbono (...)”. A continuación, se presenta la tabla comparativa entre el objeto reivindicado y los documentos encontrados en el estado de la técnica:

CARACTERÍSTICAS ESENCIALES	D2	D4
Un método de preparación del nanocomposito magnético híbrido de hierro y carbono, caracterizado por las siguientes etapas:	Método para usar asfalteno como recubrimiento de magnetita para formar nanomateriales magnéticos hidrofóbicos (Resumen, Página 59244-59246)	Un método para sintetizar nanocompositos macroporosos de Fe/C (Página 2420, columna 2, sección experimental)
a. Preparar las nanopartículas o precursores de hierro a partir de iones hierro Fe^{2+} o Fe^{3+}	Los reactivos usados para preparar magnetita están basados en cloruro férrico hexahidratado, sulfato de sodio,	Preparar nanopartículas de hierro mediante un precursor de $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$

Ref. Expediente N° NC2021/0017701

CARACTERÍSTICAS ESENCIALES	D2	D4
	yoduro de potasio, hidróxido de amonio (Página 59243, Sección 2.1-2.2)	(Página 2420, columna 2, sección experimental)
b. Preparar la fuente de carbono mediante la oxidación controlado empleando los siguientes agentes oxidantes; H ₂ O ₂ , H ₂ SO ₄ , H ₃ PO ₄ , HCl, HNO ₃ , NaHSO ₄ , en concentraciones que oscilan entre el 0.01% y el 70% de la composición en peso.	El asfalto fue precipitado del crudo pesado (...) y se empleó una solución acuosa de Na ₂ SO ₃ (1,12 g disueltos en 15 mL de agua. Concentración ≈ 7.47 % m/v) (Página 59243, Sección 2.2)	--- Preparar microesferas de poliestireno (PS) (Página 2420, columna 2, sección experimental)
c. Mezclar las nanopartículas de hierro tipo hematita o precursores de hierro con la fuente de carbono tipo asfalto mediante la molienda mecánica, en un molino de bolas.	El procedimiento para recubrir la magnetita con SAS sigue: FeCl ₃ se disolvió en agua destilada y se añadió una solución acuosa de Na ₂ SO ₃ (Página 59243, Sección 2.2)	---
d. Tratar térmicamente en atmósfera inerte a una temperatura comprendida entre 300 y 700 °C (573,15 – 973,15 K); en un intervalo de tiempo entre 5 minutos (300 s) y 48 horas (172.800 s) a dicha temperatura, en un horno estático equipado con la corriente de gas inerte tipo nitrógeno a un flujo comprendido entre 0.01 y 10 L/min (1.667e ⁻⁷ y 0.000167 m ³ /s).	--- El precipitado se secó al aire para producir nanopartículas de magnetita recubiertas con SAS (Página 59243, Sección 2.2)	Las microesferas de PS (poliestireno monodispersado) fueron removidas por calcinación a 600 °C por 7 horas en una atmósfera de argón. (Página 2420, columna 2, sección experimental)

D2 es considerado como el estado de la técnica más cercano a la invención definida en la reivindicación 5, ya que se refiere al uso de asfalto como agente de recubrimiento de magnetita para la obtención de nanomateriales magnéticos para aplicaciones ambientales (Resumen). El objetivo se dirige a separar el asfalto del petróleo crudo pesado y modificar su estructura química con el fin de aplicarlo como agente de recubrimiento para nanopartículas magnéticas (Página 59242).

La diferencia entre la invención definida entre la reivindicación 5 y el método divulgado en D2, consiste en que el método de preparación del nanocomposito magnético, incluye una etapa de mezclado que se realiza por molienda mecánica cuando los componentes de dicha mezcla son sólidos; además de la etapa de un proceso de tratamiento térmico en atmósfera inerte a una temperatura comprendido entre 300 y 700 °C; en un intervalo de tiempo entre 5 minutos y 48 horas a dicha temperatura, en un horno con una corriente de gas un flujo comprendido entre 0.01 y 10 L/min.

No hay evidencia de que el incluir específicamente una etapa de mezcla en molienda mecánica para los componentes sólidos y el proceso de tratamiento térmico en atmósfera inerte a una temperatura comprendida entre 300 y 700 °C; en un intervalo de tiempo entre 5 minutos y 48 horas a dicha temperatura, en un con la corriente de gas a un flujo comprendido entre 0.01 y 10 L/min, proporcione un método con algún efecto técnico diferente al que ya proporcionaba el objeto de D2, puesto que un método para la preparación de nanomateriales magnéticos con un núcleo metálico ya había sido previsto en dicho documento (Resumen).



Ref. Expediente N° NC2021/0017701

Por lo tanto, el problema técnico objetivo que pretende resolver esta invención se puede formular así: ¿Cómo modificar el método conocido en D2 con el fin de proporcionar otro método alternativo?

Sin embargo, el incluir la etapa del procesamiento térmico en atmósfera inerte en un proceso de preparación de nanocompositos ya está divulgado D4, que se refiere a nanocompositos de Fe/C como material de absorción para la remoción de crudo de la superficie del agua (Resumen). Inicialmente, se sintetizaron microesferas de poliestireno (PS) monodispersas mediante un método de polimerización en emulsión. A continuación, se fabricaron cristales coloidales tridimensionales compactos mediante sedimentación y se utilizaron como plantillas. Las plantillas de PS compactadas se sumergieron en una solución acuosa de nitrato férrico (2.5 M) durante 5 minutos y se calentaron a 600°C durante 7 horas en una atmósfera de argón. Las muestras obtenidas se denominaron nanocompositos Fe/C macroporosos tridimensionales (Página 2420 y 2421).

Si bien mezclar las nanopartículas mediante la molienda mecánica, en un molino de bolas y el flujo comprendido entre 0.01 y 10 L/min (1.667×10^{-7} y $0.000167 \text{ m}^3/\text{s}$) en el tratamiento térmico mencionado por el solicitante no se encuentra explícitamente mencionado ni en D2 ni en D4, la optimización de dichos parámetros se encuentra dentro de la experticia de la persona versada en la materia. Lo anterior al considerar que no es posible atribuirles un efecto técnico a dichas condiciones específicas, por lo cual no existe actividad inventiva en estas variaciones.

Adicionalmente, es conocido en el estado del arte que los asfáltenos actúan como precursores de coque mediante tratamientos térmicos, particularmente procesos de pirólisis⁶, donde se describe la formación de residuos tipo coque a partir de asfáltenos. Asimismo, se ha reportado que los asfáltenos pueden ser transformados mediante procesos de oxidación con ácidos como HNO_3 , H_2SO_4 e incluso en medios ácidos no oxidantes como HCl, los cuales favorecen reacciones de deshidrogenación, funcionalización y posterior condensación aromática⁷. En consecuencia, la conversión de asfáltenos en materiales carbonosos tipo coque a través de tratamientos térmicos y/o químicos constituye un conocimiento previamente establecido, por lo cual no se evidencia un salto inventivo en este aspecto.

En consecuencia, la persona normalmente versada en la materia estaría motivada a incluir la etapa del procesamiento térmico en atmósfera inerte del D4 en el método de D2, junto con modificaciones rutinarias en la técnica para así llegar al objeto de la reivindicación 5. Por lo cual se considera obvia.

Las reivindicaciones dependientes 6 a 10 no mencionan alguna característica que, junto con las características de la reivindicación independiente, aporte nivel inventivo al método de la reivindicación 5, por lo cual se considera que carece de nivel inventivo.

Respuesta a los argumentos del solicitante

Argumentos de claridad en el capítulo reivindicatorio

⁶ Amrollahi Biyouki, A., Hosseinpour, N., & Nassar, N. N. (2018). Pyrolysis and oxidation of asphaltene-born coke-like residue formed onto in situ prepared NiO nanoparticles toward advanced in situ combustion enhanced oil recovery processes. *Energy & fuels*, 32(4), 5033-5044.

⁷ Leistenschneider, D., Zuo, P., Kim, Y., Abedi, Z., Ivey, D. G., de Klerk, A., ... & Chen, W. (2021). A mechanism study of acid-assisted oxidative stabilization of asphaltene-derived carbon fibers. *Carbon Trends*, 5, 100090.

Ref. Expediente N° NC2021/0017701

Bajo el oficio 21588 de 3 de diciembre de 2025 se realizó una objeción en la solicitud de patente dado que las reivindicaciones no cumplían con el requisito de claridad y concisión, además no describían de forma correcta el procedimiento. Asimismo, se afectó la solicitud por falta nivel inventivo. Como respuesta al requerimiento del examen de patentabilidad bajo el radicado NC2021/0017701 de 4 de marzo de 2026 el solicitante realizó las siguientes modificaciones en el capítulo reivindicatorio:

“El despacho indica que:

- “Las definiciones -capa nanoestructurada de carbono, asfáltenos, fondos de vacío, fondos de viscorreducción, carbón mineral o aromático, precursores de hierro, la fracción insoluble en nalcano, un carbón de bituminoso de alto volátil, un carbón bituminoso de medio volátil, agentes coagulantes, surfactantes catiónicos, aniónicos, neutros, polímeros,- presentadas en las reivindicaciones 1,6, 7 y 11 que, según lo señalado por el despacho, comprenden un número muy extenso de alternativas, se agruparon dando una razonable generalización y con el correspondiente soporte en la descripción”.*
- “Se retiró el término “preferiblemente” de las reivindicaciones 9, 10, 12 y 14, y las características enunciadas que preceden se incluyeron en reivindicaciones dependientes”.*
- “En la reivindicación 8 se ajustó cada una de las etapas procedimiento señalando las condiciones específicas en cada una”*

(...) Se aceptan las recomendaciones del despacho y, por ende, se ajustó el capítulo reivindicatorio”.

A pesar de las modificaciones presentadas por el solicitante, se mantienen las objeciones formuladas, en tanto no han sido superadas de fondo.

En primer lugar, se mantiene la objeción de falta de claridad en la reivindicación 1 (c), dado que se emplea el término “nanopartículas” para un rango de tamaño entre 10 y 1000 nm, lo cual resulta inconsistente con la definición aceptada por la IUPAC (1–100 nm). Esta discrepancia genera ambigüedad en el alcance de la reivindicación.

En segundo lugar, se mantiene la objeción por falta de soporte en la descripción respecto de las reivindicaciones 2 y 3, toda vez que, aunque se listan múltiples metales que podrían formar parte de aleaciones con hierro, no se evidencia ni se ejemplifica su incorporación en los nanocompuestos descritos.

En tercer lugar, la reivindicación 5 continúa presentando deficiencias en su redacción, al no definir el procedimiento mediante una secuencia clara y lógica de etapas ni establecer de manera precisa sus condiciones técnicas esenciales, lo que afecta su claridad.

Asimismo, se mantiene la objeción por inconsistencia técnica entre las reivindicaciones 1 y 5, ya que esta última describe nanopartículas en fase hematita, mientras que la reivindicación independiente define el material como magnetita, evidenciando que no se trata del mismo producto.

Adicionalmente, persiste la objeción por falta de rigurosidad en la notación técnica en la etapa d) de la reivindicación 5, en particular en el uso incorrecto de superíndices, unidades de flujo y errores de formato.

Finalmente, la reivindicación 10 mantiene errores tipográficos que afectan la claridad del texto, tales como la doble coma en la enumeración de gases y el uso incorrecto de espacios en la expresión de unidades.

Ref. Expediente N° NC2021/0017701

Por lo tanto, las modificaciones bajo el radicado NC2026/0002658 de 4 de marzo de 2026 se aceptan por cumplir con los requisitos legales. No obstante, dadas las modificaciones del capítulo reivindicatorio se evidencian errores e inconsistencias, indicando la persistencia de falta de claridad.

Argumentos de examen de patentabilidad

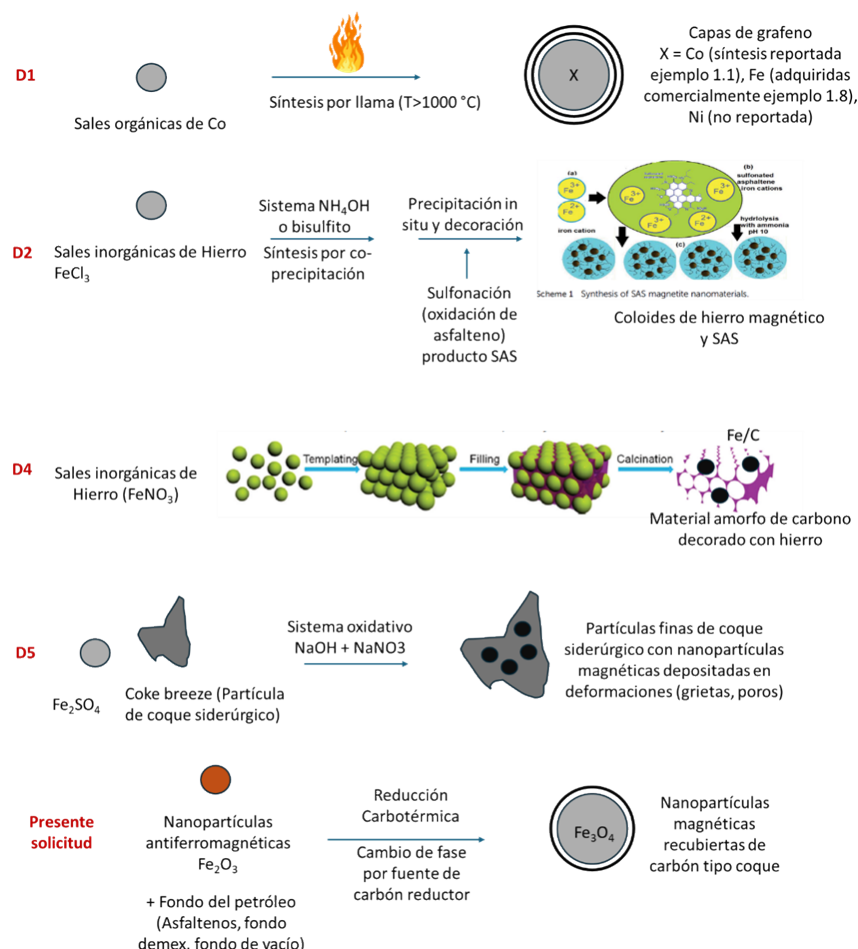
En lo referente a los argumentos del solicitante con relación al nivel inventivo de la solicitud bajo estudio en donde manifestó *“Antes de dar respuesta es importante señalar que el Despacho trae elementos de tres anterioridades en la misma observación y confunde las referencias de dichas anterioridades, toda vez que, cuando menciona al inicio D2 como el estado de la técnica más cercano -de acuerdo con los documentos originales-, en realidad describe elementos de D1, anterioridad que sí aborda al final de la observación, e igualmente cuando menciona a D4, está exponiendo características de D5, con lo cual, para responder, partiremos de este hecho”*.

En atención a lo manifestado por el solicitante, se aclara que, si bien en el análisis previo se presentó un error en la numeración de los documentos citados, las características técnicas esenciales y la información de fondo atribuida a cada uno de ellos corresponden efectivamente a su contenido. En este sentido, el documento identificado como D2 corresponde al artículo de Abdullah, M., et al. (2016), en el cual se describen nanopartículas de óxido de hierro recubiertas con asfáltenos sulfonados. Asimismo, en la evaluación del nivel inventivo de la reivindicación 1 y sus dependientes, relativas al nanocompuesto, las características técnicas esenciales fueron comparadas con el documento D5, correspondiente a Lu, L. et al. (2016), que divulga la síntesis de un material compuesto magnético Fe_3O_4 /coque. Y se indica que D1 no afecta a la presente solicitud.

Por lo tanto, aunque se reconoce la imprecisión formal en la identificación numérica de las anterioridades, dicha situación no afecta el análisis sustantivo realizado, en la medida en que la comparación técnica se fundamenta en el contenido real y pertinente de los documentos citados. En consecuencia, la evaluación del nivel inventivo se mantiene válida, al haberse basado en enseñanzas efectivamente divulgadas en el estado de la técnica.

El solicitante menciona que: *“En cuanto a las conclusiones técnicas a que llega el Despacho en esta observación son erróneas, toda vez que en la siguiente anexidad se observan los productos reivindicados en las anterioridades D1, D2 y D5: el producto de la anterioridad D1 es una nanopartícula producto de síntesis en llama que se encuentra recubierta de láminas de grafeno, el producto de D2 es un material de tipo coloidal en el cual varias nanopartículas decoradas con asfalteno sulfonado se encuentran agregadas y tienen características oleofílicas y, el producto de D5 es una partícula de coque siderúrgico decorada con nanopartículas en la superficie. Contrario a lo que indica el examinador, no existe evidencia en ninguna de las tres anterioridades mencionadas para deducir que la combinación de sus productos algunos de los resulte en una nanopartícula de hierro magnética recubierta de capas de carbón tipo coque, proveniente de un asfalteno como precursor (ver esquema 1) que reivindica la presente solicitud:*

Ref. Expediente N° NC2021/0017701



Esquema 1. Productos de las anterioridades D1, D2 y D5, y la presente solicitud de patente.

(...) Las reivindicaciones 2 a 4 mencionan el conjunto de materiales que pueden constituir el nanocomposito magnético tridimensional. Los materiales precursores de hierro que son reducidos a hierro ferromagnético y son precursores de magnetita. Adicionalmente, la reivindicación 3 menciona que la nanopartícula puede contener otro tipo de metales mientras guarda la condición de magnetismo, es decir, nanopartículas compuestas con más metales que pueden ser obtenidas bajo el método reivindicado. La reivindicación 4 consiste en materiales de carbono con comportamientos reductores y formadores de capas de carbono tipo coque que tienen relación con los materiales descritos y que también han sido empleados bajo experimentación acorde a la reivindicación independiente para obtener las capas del material tipo coque sobre la superficie y además la reducción del hierro en su estado de oxidación Fe(III) . Por tanto, es claro que las reivindicaciones dependientes 2 a 4 sí mencionan características que, junto con las características de la reivindicación independiente, aportan nivel inventivo al producto de la reivindicación 1, por lo cual debe considerarse que cumplen con este requisito”.

Se aclara que, si bien el solicitante afirma que los productos de D2 y D5 son estructuralmente distintos, ello no desvirtúa el hecho de que dichos documentos sí divulgan las características técnicas esenciales relevantes para la invención reclamada. En efecto, D2 divulga nanopartículas de Fe_3O_4 recubiertas con una capa de carbono (asfaltenos sulfonados) (Figura 1, Página 59244-59246), con morfología, tamaño y proporciones (Figura 4-5, Página 59246-59247) dentro de los rangos reivindicados, mientras que D5 divulga explícitamente un material compuesto Fe_3O_4 /coque, evidenciando el uso de carbono tipo coque en asociación directa con nanopartículas de magnetita (Página 255, Sección 2.2). Por tanto, independientemente de la forma macroscópica o del grado de agregación de las partículas, ambos documentos enseñan los elementos estructurales fundamentales: núcleo magnético de Fe_3O_4 y fase carbonosa

Ref. Expediente N° NC2021/0017701

asociada. De hecho, los asfáltenos son precursores de coque por tratamientos térmicos u oxidativos⁸⁻⁹. En este sentido, existe plena evidencia para combinar dichas enseñanzas, indicando que el problema técnico objetivo ha sido correctamente formulado como la provisión de un material alternativo a partir de D2. Frente a este problema, la persona normalmente versada en la materia encontraría en D5 una solución directa y evidente, al divulgar el empleo de carbono tipo coque en combinación con Fe_3O_4 , lo cual constituye precisamente la diferencia identificada. No se requiere que los documentos divulguen de manera expresa la combinación exacta, sino que exista una motivación técnica razonable para realizarla, la cual en este caso radica en el conocimiento general de que distintos tipos de carbono (incluyendo asfáltenos y coque) pueden emplearse como fases recubrientes o soportes de materiales magnéticos.

En cuanto a las reivindicaciones dependientes 2 a 4, estas se limitan a ampliar de manera general los posibles precursores de hierro, la incorporación de otros metales, lo cual no tiene sustento ni suficiencia en la descripción y el empleo de diferentes fuentes de carbono con capacidad reductora y formadora de coque, entre ellos los mismos asfáltenos de D2. Por tal razón, dichas características corresponden a variaciones habituales dentro del conocimiento técnico en la materia y no se evidencia que, en combinación con la reivindicación 1, generen un efecto técnico particular o inesperado que sustente actividad inventiva no divulgada por D2 y D5.

El solicitante indica que: *“(...) es importante aclarar de nuevo que, en esta observación, de acuerdo con los documentos citados, el despacho en realidad está haciendo referencia es a D2, hecho del que partiremos para responder al despacho (...) Cuando el examinador se refiere a que no hay evidencia de que incluir la etapa de molienda mecánica lleve a un material que proporcione algún efecto distinto al del producto de la anterioridad D2, desconoce que en la página 3, primera columna, de dicha anterioridad, los autores mencionan que “es necesario que se modifique la estructura química de los asfáltenos para poder dispersar dicho precursor en un solvente afín con los precursores de la magnetita” y se pueda formar el material (ver esquema 1), es decir que sin modificación química del asfaleno no es posible que se formen los coloides mencionados en D2, en los cuales está dispersa la nanopartícula magnética; por el contrario, el proceso de molienda de una nanopartícula antiferromagnética de hematita (Fe_2O_3) con la fuente de carbono que se menciona en la presente invención, garantiza un contacto circundante de la fuente de carbono sobre las nanopartículas en la mezcla y, en el paso siguiente durante el tratamiento térmico, dicha fuente de carbono sufre un proceso de craqueo por efecto de la temperatura generando las capas de carbono tipo coque (ya que está circundante por la molienda) sobre cada nanopartícula y además causa la reducción carbotérmica de la nanopartícula antiferromagnética de hematita hacia una nueva fase cristalina magnética de hematita permitiendo que se forme el producto objeto de la reivindicación; la nanopartícula magnética de Fe_3O_4 recubierta con capas de carbono tipo coque provenientes del craqueo térmico de la fuente de carbono empleada. El efecto técnico que causa la molienda mecánica y el tratamiento térmico sobre el producto garantiza que las nanopartículas magnéticas estén en su forma singular, recubierta de capas de carbono tipo coque que tienen conductividad eléctrica y una alta área superficial de tal manera que se puedan emplear como materiales de electrodos y sensado, lo cual no se logra con D2 al tratarse de un material completamente diferente”.*

⁸ Amrollahi Biyouki, A., Hosseinpour, N., & Nassar, N. N. (2018). Pyrolysis and oxidation of asphaltene-born coke-like residue formed onto in situ prepared NiO nanoparticles toward advanced in situ combustion enhanced oil recovery processes. *Energy & fuels*, 32(4), 5033-5044.

⁹ Leistenschneider, D., Zuo, P., Kim, Y., Abedi, Z., Ivey, D. G., de Klerk, A., ... & Chen, W. (2021). A mechanism study of acid-assisted oxidative stabilization of asphaltene-derived carbon fibers. *Carbon Trends*, 5, 100090.

Ref. Expediente N° NC2021/0017701

En atención a los argumentos del solicitante, se reitera que el método reivindicado se encuentra afectado por la combinación de D2 y D4, sin que se evidencie actividad inventiva. En primer lugar, el solicitante centra su argumentación en atribuir un efecto técnico diferenciador a la etapa de molienda mecánica, señalando que esta permitiría un recubrimiento “circundante” y la posterior formación de capas de coque durante el tratamiento térmico. No obstante, este argumento no limita de manera verificable ni cuantificable dicho supuesto efecto, ni aporta evidencia experimental comparativa que demuestre que el producto obtenido presenta propiedades técnicas inesperadas frente a los materiales ya divulgados en D2. En consecuencia, el efecto alegado no puede ser tenido en cuenta para sustentar nivel inventivo.

En segundo lugar, respecto a la diferencia identificada frente a D2, esto es, la incorporación de una etapa de molienda mecánica y un tratamiento térmico en atmósfera inerte, se observa que: D2 ya divulga un método de preparación de nanopartículas de magnetita recubiertas con una fuente de carbono (asfáltenos), incluyendo la interacción directa entre el precursor de hierro y la fuente carbonosa, al emplear asfáltenos que tienen cierta interacción con las partículas de magnetita se puede realizar por medio de una solución y seguidamente se aplica una etapa de secado (Página 59243, Sección 2.2). Por su parte, D4 divulga explícitamente un tratamiento térmico en atmósfera inerte (argón) a temperaturas del orden de 600 °C durante varias horas, en el contexto de la obtención de nanocompuestos Fe/C (Página 2420, columna 2, sección experimental).

Por lo tanto, la incorporación de una etapa de tratamiento térmico en atmósfera inerte al método de D2 no constituye una solución técnica novedosa, sino una alternativa conocida y directamente sugerida por D4 para la obtención de materiales híbridos Fe/C. En cuanto a la etapa de molienda mecánica, si bien no se encuentra descrita de manera explícita en D2 o D4, corresponde a una técnica convencional de mezcla de sólidos ampliamente utilizada en la preparación de materiales compuestos. La selección de este tipo de mezcla, frente a otras alternativas (dispersión en solución, impregnación, etc.), constituye una variación de diseño dentro de la práctica habitual del experto, especialmente cuando se pretende favorecer el contacto íntimo entre fases sólidas. En ausencia de un efecto técnico inesperado atribuible específicamente a esta etapa, su incorporación no implica actividad inventiva, sino una alternativa para obtener los materiales deseados que ya se obtienen D2 y D4.

Adicionalmente, el propio argumento del solicitante confirma que el resultado del tratamiento térmico es la formación de carbono tipo coque a partir de una fuente orgánica, así como la reducción de especies de hierro hacia fases magnéticas. Sin embargo, estos fenómenos corresponden a principios bien establecidos en el estado del arte, donde es conocido que: los asfáltenos actúan como precursores de coque bajo condiciones térmicas (pirólisis), y los tratamientos térmicos en presencia de carbono pueden inducir procesos de reducción carbotérmica en óxidos de hierro como ya se ha mencionado.

En consecuencia, se concluye que la reivindicación 5 y sus dependientes carecen de nivel inventivo, al derivarse de manera evidente de la combinación de D2 y D4, junto con el conocimiento general de la persona normalmente versada en la materia.

El solicitante argumenta que: “... es importante aclarar de nuevo que, en esta observación, de acuerdo con los documentos citados, el despacho en realidad está haciendo referencia es a D2 y D4 y no a D1 y D5 (...) Hecho del que partiremos para contestar. No son correctas las conclusiones a las que llega el despacho a partir de las supuestas combinaciones del método de D4 en el método de D2, puesto que el tratamiento térmico de un material coloidal de magnetita y asfáltenos sulfonados como el reportado en D2, a la temperatura descrita en el método de D4, conllevaría a una degradación de dicho

Ref. Expediente N° NC2021/0017701

asfalteno, evidenciado por la misma anterioridad D2 en donde analizan el comportamiento de degradación por termogravimetría; no es lo mismo tratar térmicamente un asfalteno que un derivado oxidado del asfalteno. Adicionalmente, el objeto de la reivindicación 5 de la presente invención conlleva a desarrollar uno de los efectos técnicos aquí reclamados y es la magnetización in situ de nanopartículas no magnéticas o antiferromagnéticas, que sucede cuando la mezcla de un asfalteno y una nanopartícula antiferromagnética, por ejemplo, es tratada térmicamente bajo las condiciones descritas en la presente solicitud de patente y que adicionalmente dicha fuente de carbono no ha tenido un tratamiento químico o adecuación química como la expresada en D2. En experimentos realizados en instalaciones de Ecopetrol S.A., se llevaron a cabo tratamientos térmicos de nanopartículas antiferromagnéticas con fondos de vacío y asfaltenos tratados químicamente en ambientes oxidativos (H_2SO_4 y H_2O_2), sin obtener magnetización o capas de carbono sobre la nanopartícula (...) Es pertinente aclarar que el tratamiento químico de los asfaltenos en el método de la anterioridad D2, es un proceso altamente oxidativo al tratarse del uso del ácido sulfúrico concentrado (óleum) para obtener el asfalteno sulfonado (ver página 58243, sección experimental). Para una persona normalmente versada en la técnica, el tratamiento de un carbono con óleum (ácido sulfúrico concentrado) es un proceso altamente oxidativo, de hecho, los autores en la anterioridad D2 mencionan que el asfalteno sulfonado SAS se disuelve en Etanol, lo que indica que su estructura es altamente polar y oxidada, ya que un asfalteno per se no es soluble en etanol. Luego el asfalteno sulfonado, altamente oxidado no es una molécula que tenga carácter reductor y este carácter reductor es necesario para que las nanopartículas antiferromagnéticas, que se emplean como precursor en la presente solicitud de patente se reduzcan aplicando el método, objeto de la reivindicación 5 y por ende, lograr uno de los efectos técnicos que es la magnetización”.

El solicitante sostiene que el tratamiento térmico del material de D2 conduciría a la degradación del asfalteno sulfonado y que, por tanto, no sería razonable su combinación con D4. Sin embargo, este argumento no resulta determinante, ya que precisamente el tratamiento térmico de materiales orgánicos, incluidos asfaltenos y sus derivados, conduce a procesos de descomposición, carbonización y formación de estructuras como coque, lo cual es un comportamiento ampliamente conocido en el estado del arte. En este sentido, la eventual “degradación” alegada no constituye un obstáculo técnico, sino un resultado esperado y funcional dentro de la obtención de materiales tipo carbono/coque, tal como se persigue en composites Fe/C como los divulgados en D4, el cual transforma los compuestos de carbono a través del proceso térmico disminuyendo su polaridad y afianzándose a la estructura del hierro (Página 2420 y 2421).

En segundo lugar, respecto a la diferencia entre asfaltenos y asfaltenos sulfonados, si bien el solicitante afirma que estos últimos no presentan carácter reductor, lo cierto es que la reivindicación 5 no limita de manera estricta ni verificable el estado químico específico de la fuente de carbono, ni establece parámetros que permitan distinguir claramente un comportamiento técnico diferencial atribuible a dicha característica. De hecho, los procesos dependen fuertemente del compuesto empleado, por ejemplo, ácidos como HNO_3 , H_2SO_4 promueven los procesos de oxidación, pero medios ácidos no oxidantes como HCl, favorecen reacciones de deshidrogenación, funcionalización y posterior condensación aromática¹⁰.

En tercer lugar, el solicitante introduce como supuesto efecto técnico la “magnetización in situ” de nanopartículas antiferromagnéticas. No obstante, el solicitante no aporta ninguna prueba de la magnetización de los nanocompuestos o caracterizaciones que evidencian

¹⁰ Leistenschneider, D., Zuo, P., Kim, Y., Abedi, Z., Ivey, D. G., de Klerk, A., ... & Chen, W. (2021). A mechanism study of acid-assisted oxidative stabilization of asphaltene-derived carbon fibers. Carbon Trends, 5, 100090.

Ref. Expediente N° NC2021/0017701

las propiedades electrónicas ni magnéticas de los materiales, por lo tanto, no está respaldado por evidencia comparativa suficiente frente al estado de la técnica citado, y corresponde a fenómenos conocidos asociados a transformaciones de fase en óxidos de hierro bajo tratamiento térmico en presencia de carbono, como lo revela D2, que revela curvas de magnetización e indica la ausencia de remanencia o coercitividad a temperatura ambiente y sugiere las características superparamagnéticas de las nanopartículas (Figura 7, Tabla 1, Página 59247).

En consecuencia, no puede ser considerado como un efecto técnico sorprendente que sustente actividad inventiva. Finalmente, la combinación de D2 y D4 sigue siendo técnicamente evidente para la persona normalmente versada en la materia, en la medida en que D2 enseña el uso de asfaltenos como fuente de carbono para recubrir nanopartículas de hierro, y D4 enseña el uso de tratamientos térmicos en atmósfera inerte para obtener compositos Fe/C. La integración de ambas enseñanzas constituye una modificación previsible orientada a obtener un método alternativo de preparación de nanocompositos hierro/carbono, sin que se derive de ello un efecto técnico inesperado.

El solicitante adjunta una tabla comparativa e indica que: “Con respecto a la observación que realiza el despacho sobre el objeto de la reivindicación 8 y la tabla comparativa, se vuelve a recaer en la imprecisión técnica de las observaciones sobre la novedad. Se realiza la siguiente tabla de claridad sobre el objeto de protección de la presente solicitud de patente y la anterioridad D1”.

	Presente solicitud de patente	Anterioridad D1
Tipo de material	Nanopartícula de hierro magnética recubierta por capas de carbón coquizado	Nanopartícula de hierro funcionalizadas con asfaltenos sulfonados
Tipo de precursor	Asfaltenos, fondos demex, fondos de viscorreducción y sus análogos oxidados	Asfaltenos sulfonados
Método de síntesis	Reducción carbotérmica y coquización superficial >300°C	Co-precipitación a partir de sales hierro II y III a 50°C en fase líquida
Dimensión de la capa de recubrimiento	Entre 5 y 10 nm	No reportada
Tipo de precursor de hierro	Nanopartículas antiferromagnéticas o sales antiferromagnéticas de hierro	Nanopartículas magnéticas
Tipo de recubrimiento	Estructuras de carbón tipo coque obtenidas in situ sobre la nanopartícula durante el tratamiento térmico	Interacciones químicas de tipo enlace de hidrógeno, electrostáticas ver pagina 3, col 2: “Magnetite can interact with sulfonated asphaltene by complexation with sulfonate groups and hetero nitrogen, oxygen or sulfur groups of asphaltene moieties. It was expected that sulfonated asphaltene can form a physical cap with magnetite by hydrogen bond forces, polarity induction electrostatic forces, and attractions between the magnetite and sulfonated asphaltene molecules.”



Ref. Expediente N° NC2021/0017701

Se aclara al solicitante que, si bien la materia reivindicada supera el requisito de novedad frente a D2, no ocurre lo mismo respecto al nivel inventivo. Tal como se ha reiterado, el nanocompuesto carece de actividad inventiva a la luz de D2 y D5, y el método reivindicado resulta igualmente evidente en vista de D2 y D4.

El solicitante manifiesta que: *“Previo a dar respuesta es importante aclarar de nuevo que, en esta observación, de acuerdo con los documentos citados, cuando el despacho menciona D1 en realidad está haciendo referencia es a D2, y a su vez, cuando menciona D5 se refiere es a D4, hecho del que partiremos para contestar (...) En la respuesta al primer requerimiento de fondo se mencionó que uno de los efectos técnicos principales objeto de la presente solicitud de patente es la reducción carbotérmica de óxido de hierro (III) en su máximo estado de oxidación, que no es magnético, para formar un material magnético recubierto de capas de carbono tipo coque que tiene hierro (II), es decir, hierro (III) que ha sido reducido durante el proceso reivindicado y no preparado como precursor como en la anterioridad D2. Reiteramos que tener nanopartículas singulares recubiertas de carbono no es lo mismo que tener coloides de asfalteno sulfonado, en los cuales se encuentran embebidas, en forma de “cluster”, las nanopartículas magnéticas, como lo mencionan con los experimentos de DLS de la anterioridad D2 (...) Ahora bien, con respecto a la anterioridad D4, esta no guarda relación con el producto objeto de protección de la presente solicitud de patente. Aunque los autores en D4 mencionen el tratamiento térmico de una plantilla de poliestireno, debemos recordar que hay un número extenso de materiales que son sometidos a dicho tratamiento obteniendo biochar, carbonos grafiticos, entre otros, que sirven para impregnar derrames o remoción de crudo. La combinación del tratamiento térmico de D4 con D2, no solo no es una combinación obvia para alguien versado en la materia, sino que químicamente improcedente, teniendo en cuenta también lo que se mencionó previamente, que el asfalteno modificado sulfonado SAS de D2 es un material de alto grado de oxidación que no tiene características reductoras, necesarias para lograr dos efectos técnicos: reducción de las nanopartículas antiferromagnéticas y generación de las capas de carbono”.*

Se aclara que el método reivindicado se deriva de manera evidente de la combinación de D2 y D4. El supuesto efecto técnico de reducción carbotérmica in situ de óxidos de hierro no es exclusivo de la invención, sino un fenómeno ampliamente conocido cuando estos materiales se someten a tratamientos térmicos en atmósfera inerte en presencia de carbono (Página 2420, columna 2, sección experimental). Asimismo, la distinción entre nanopartículas individuales recubiertas y sistemas coloidales no es determinante, dado que la reivindicación no define parámetros estructurales claros que sustenten una diferencia técnica relevante, y D2 ya divulga la interacción directa entre magnetita y una fase carbonosa.

Por otra parte, no se acoge a que el argumento de que la combinación con D4 sea químicamente improcedente. La reivindicación no se limita a asfaltenos sulfonados, y es bien conocido que compuestos orgánicos, independientemente de su grado de oxidación, pueden transformarse en carbono tipo coque bajo tratamiento térmico, como el mismo solicitante lo evidencia en la reivindicación 4, en donde se menciona que la fuente de carbono puede ser *“un fondo de viscorreducción, un asfalteno, un carbón bituminoso de alto volátil, un carbón bituminoso de medio volátil, lignita o antracita”*. En este sentido, aplicar el tratamiento térmico de D4 al sistema de D2 es coherente con el conocimiento técnico y conduce a resultados previsibles también reconocidos en las reivindicaciones de la solicitud. Dado que ambos documentos pertenecen al mismo campo técnico y abordan materiales Fe/C, la combinación propuesta responde de manera directa al problema de obtener un método alternativo, sin implicar actividad inventiva.

Ref. Expediente N° NC2021/0017701

El solicitante indica que: *“Previo a dar respuesta es importante aclarar de nuevo que, en esta observación, de acuerdo con los documentos citados, cuando el despacho menciona D1 en realidad está haciendo referencia es a D2, y a su vez, cuando menciona D5 se refiere es a D4, hecho del que partiremos para contestar (...) Reiteramos que no es procedente comparar el tratamiento térmico de microesferas de poliestireno de la anterioridad D4 con un asfalteno sulfonado SAS (altamente oxidado con óleum – ácido sulfúrico) de la anterioridad D2. Por ello dentro del capítulo descriptivo y reivindicatorio de la presente solicitud de patente, las fuentes de carbono mencionadas no se trataron químicamente para obtener materiales oxidados, a pesar de que se tiene una vasta experiencia en este tipo de tratamientos químicos en las fuentes de carbono. Sin embargo, en experimentos internos realizados en las instalaciones de Ecopetrol S.A., se realizaron mezclas de nanopartículas antiferromagnéticas con productos oxidados de asfáltenos y su posterior tratamiento térmico, sin obtener el efecto técnico esperado: generación de capas de carbón tipo coque y reducción para lograr magnetismo”*

En atención a lo manifestado por el solicitante, se observa que no se han aportado pruebas suficientes que respalden los efectos técnicos alegados. En particular, ni en la descripción de la solicitud ni en las respuestas presentadas se evidencian mediciones de magnetización, caracterizaciones magnéticas comparativas o resultados experimentales verificables que permitan sustentar la supuesta *“magnetización in situ”* o la formación diferenciada de capas de carbono tipo coque. Asimismo, los ensayos internos mencionados no han sido documentados con el nivel de detalle técnico necesario (condiciones experimentales completas, controles, reproducibilidad), por lo cual no pueden ser considerados como evidencia concluyente dentro del análisis de patentabilidad.

Adicionalmente, el argumento relativo a la supuesta incompatibilidad entre los sistemas de D2 y D4 no resulta convincente. Tal como lo evidencia D4, es conocido en el estado del arte que precursores de carbono, al ser sometidos a tratamientos térmicos en atmósferas inertes, sufren procesos de transformación que conducen a la formación de materiales carbonosos y a su interacción con especies de hierro, dando lugar a nanocompuestos Fe/C. Este comportamiento no se limita a un tipo específico de precursor (como poliestireno), sino que corresponde a un principio general aplicable a diversas fuentes orgánicas. En consecuencia, la combinación de las enseñanzas de D2 y D4 sigue siendo técnicamente válida y previsible para una persona normalmente versada en la materia, sin que se evidencie un efecto técnico inesperado que sustente actividad inventiva.

Asimismo, la inclusión de D5 por parte del solicitante en el análisis del método no resulta pertinente, tal como ya se ha señalado. En efecto, existe una inconsistencia técnica en la propia solicitud, dado que la reivindicación 1 del nanocompuesto se refiere a nanopartículas de magnetita (Fe_3O_4), mientras que el método, reivindicación 5, describe la utilización de núcleos en fase hematita (Fe_2O_3). Esta discrepancia no es menor, ya que implica la obtención de materiales con estructuras y propiedades distintas, evidenciando que el método reivindicado no corresponde de manera directa a la síntesis del mismo material definido en las reivindicaciones de producto.

El solicitante manifiesta que: *“Previo a dar respuesta es importante aclarar de nuevo que, en esta observación, de acuerdo con los documentos citados, cuando el despacho menciona D1 en realidad está haciendo referencia es a D2, y a su vez, cuando menciona D4 se refiere es a D5, hecho del que partiremos para contestar (...) El examinador incluye D5 en este nuevo examen, sin embargo, como se explicó al inicio, se debe tener en cuenta que el coque mencionado en D5, es un coque siderúrgico. En la literatura existe un sinnúmero de descripciones de la amplia gama de carbón tipo coque que son diferentes entre sí. Ahora bien, el coque en la anterioridad D5 es empleado como soporte y no como precursor aprovechando las grietas y fracturas que tiene a nivel micro para depositar en la*

Ref. Expediente N° NC2021/0017701

superficie nanopartículas magnéticas; por el contrario, en la presente solicitud de patente, las capas de carbón tipo coque son el resultado del craqueo térmico de la fuente de carbono que puede ser un asfalteno, por ejemplo, y por eso realizamos la mención de capas de carbono tipo coque recubriendo la superficie de la nanopartícula magnética resultante (...) Para una persona medianamente versada en la materia, resulta diferenciable un carbón coque siderúrgico obtenido a 1200 °C y una capa de carbono tipo coque producto del craqueo térmico de la fuente de carbono, objeto de protección de la presente invención, que además cumple la función de ser un carbono reductor. Y respecto a D2, donde menciona que la “fuente es un asfalteno”, realmente es el material precursor para obtener un asfalteno sulfonado oxidado que recubre por interacción tipo puente de hidrógeno o interacción polar formando un coloide (ver anterioridad D2, página 59246, columna 1), es más, en la descripción realizada por los autores se menciona que existe agua haciendo el efecto de atadura entre los grupos hidroxilo de la superficie de la magnetita y el asfalteno sulfonado SAS. En la anterioridad D2 no hablan de nanopartículas singulares recubiertas de carbono sino de un sistema coloidal tipo clúster que fue evidenciado por los mismos autores en los experimentos de DLS, por sus siglas en inglés Dynamic Light Scattering (ver figura 5 a y b) (...) D2 consiste en un mecanismo muy distinto al objeto de la protección de la presente solicitud de patente, en la cual las capas de carbón coquizado sobre la superficie están formando una capa amorfa sobre el límite de la nanopartícula, que se puede apreciar en todos los contornos de tres tipos distintos de materiales como se observa en las figuras 1, 2 y 3. Estos materiales fueron obtenidos siguiendo el método de la reivindicación 5 y tres fuentes de carbón reductor distintas: asfaltenos, fondo Demex y fondo de vacío. En las tres figuras se aprecia el continuo cristalino con morfología que corresponde a Fe_3O_4 magnético, habiendo partido de Fe_2O_3 antiferromagnético y las capas de carbono en borde exterior que constituyen las capas de carbono tipo coque, que se obtienen por coquización de dichas fuentes durante la etapa de reducción carbotérmica. Reiteramos que este efecto técnico no es obvio ni fortuito y no resulta de la combinación de las anterioridades D4 y D2 como sugiere el despacho. Adicionalmente, los experimentos de TEM reportados en D2 no muestran dichas capas de carbono (ver figura 4 de la anterioridad D2), por el contrario, se ve un continuo finito de la forma cristalina de la magnetita sin recubrimiento. Esto lo que infiere es que, tal como mencionan los autores, la nanopartícula se encuentra inmersa en un coloide del asfalteno sulfonado SAS, (ver esquema 1 de dicha anterioridad)”.

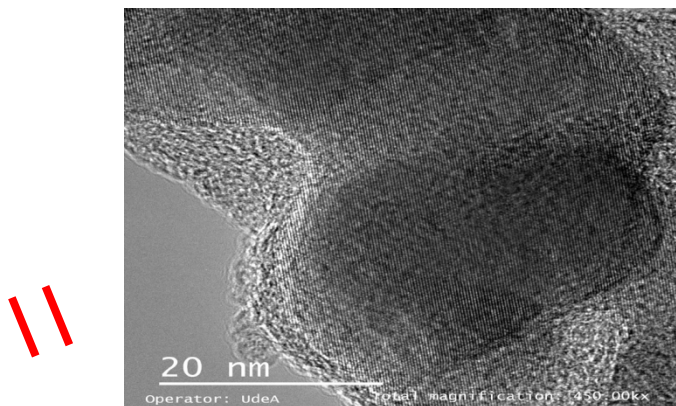


Figura 1. Nanopartícula magnética recubierta de carbono tipo coque a partir de asfalteno como fuente de carbono.

Ref. Expediente N° NC2021/0017701

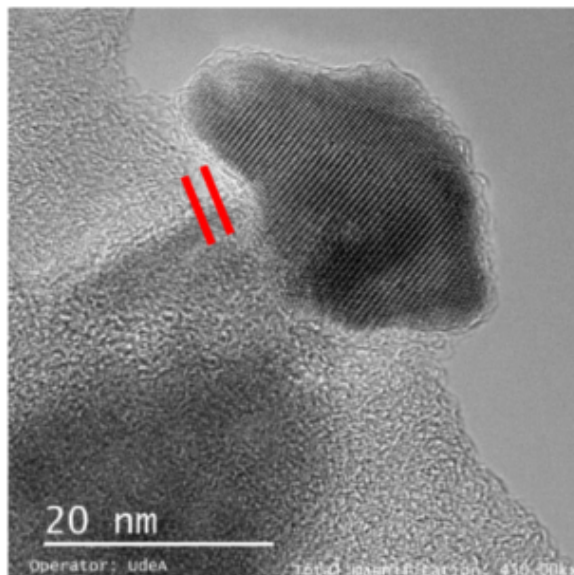


Figura 2. Nanopartícula magnética recubierta de carbono tipo coque obtenida a partir de fondo demex como fuente de carbono.

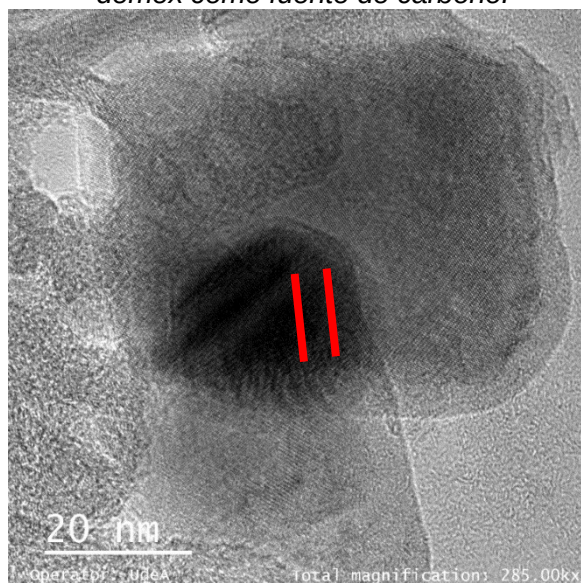


Figura 3. Nanopartícula magnética recubierta de carbón tipo coque obtenida a partir de un fondo de vacío como fuente de carbono.

En atención a los argumentos del solicitante, se observa que los mismos se fundamentan en una interpretación imprecisa tanto de los tamaños reportados en D2 como del alcance de la técnica de caracterización DLS.

En primer lugar, D2 sí divulga nanopartículas dentro del rango reivindicado, al reportar tamaños en el orden de aproximadamente 10.8 a 100 nm (Figura 4-5, Página 59246-59247), lo cual se encuentra comprendido dentro del intervalo definido en la solicitud. Por tanto, no es correcto afirmar que D2 describe únicamente sistemas macroscópicos o no comparables, ya que las entidades fundamentales del sistema son precisamente nanopartículas de magnetita en escala nanométrica.

Ref. Expediente N° NC2021/0017701

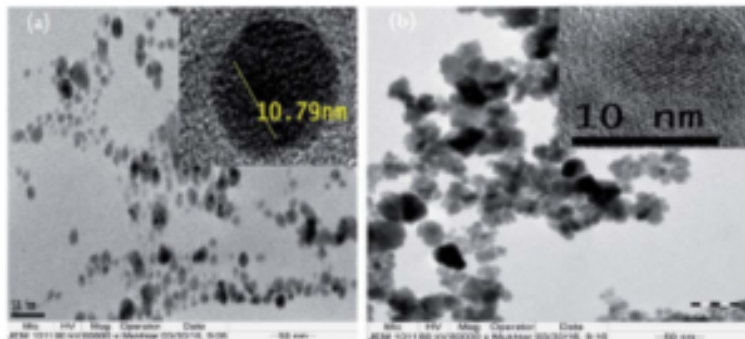


Figura 4 de D4. Micrografías TEM.

En segundo lugar, respecto al uso de DLS (Dynamic Light Scattering), el solicitante incurre en una interpretación incorrecta de esta técnica. El DLS es un método que mide el tamaño hidrodinámico de partículas en dispersión a partir de la dispersión de la luz, lo cual incluye tanto partículas individuales como agregados o clústeres en un medio líquido¹¹. Sin embargo, esta técnica no permite inferir un mecanismo específico de interacción química, como puentes de hidrógeno o interacciones polares, ni demuestra por sí misma la ausencia de recubrimientos o asociaciones interfaciales entre fases, se emplea usualmente para determinar la desviación de la luz y la distribución de los tamaños de las partículas. En consecuencia, el hecho de que D2 reporte distribuciones de tamaño por DLS no implica que el sistema sea exclusivamente coloidal ni excluye la presencia de interacciones directas entre la magnetita y la fase carbonosa.

Adicionalmente, las observaciones del solicitante respecto a la ausencia de capas definidas en imágenes TEM no desvirtúan la enseñanza técnica de D2, que claramente establece la asociación entre nanopartículas de Fe_3O_4 y una fase carbonosa derivada de asfáltenos. Para efectos del análisis de nivel inventivo, lo relevante es esta enseñanza general, y no la interpretación puntual de una técnica de caracterización específica.

El examinador indica que *“Por ello, para el análisis del nivel inventivo, se utilizaron los documentos D2 y D4 y no D1 y D2 como previamente se hizo”, lo cual, de acuerdo con los argumento ya esbozados es un error, y además, se precisa que D2 no constituye un material con capas definidas de carbono tipo coque obtenido a partir de un asfálteno o un fondo de vacío o un fondo Demex como fuente de carbono reductora y coquizada, por lo cual se reitera que no existe la similitud con el producto reclamado de D2, adicionalmente, D4 consiste en un material obtenido de un polímero (poliestireno) en esferas, que es dopado con hierro para obtener un material que es selectivo al aceite, pero que no guarda similitud con el producto reclamado en la reivindicación que consiste en una nanopartícula definida con sus capas de carbono tipo coque”*.

Se aclara que, hablando del material (reivindicación 1 y sus dependientes), se reitera que D2 sí resulta pertinente, en la medida en que divulga el empleo de asfáltenos como fuente de carbono para recubrir nanopartículas de magnetita (Figura 2, Página 59246), los cuales se encuentran comprendidos dentro de las posibles fuentes de carbono reivindicadas en la solicitud (incluyendo asfáltenos, fondos de vacío o fracciones pesadas). En consecuencia, D2 aporta la enseñanza esencial relativa a la interacción entre Fe_3O_4 y una fase carbonosa derivada de asfáltenos, independientemente del grado de transformación posterior de dicha fase.

En segundo lugar, frente al argumento de que no se evidencian capas de carbono tipo coque en D2, se precisa que la diferencia identificada ha sido debidamente cubierta en el análisis mediante la consideración de D5, el cual divulga explícitamente nanopartículas de

¹¹ Stetefeld, J., McKenna, S. A., & Patel, T. R. (2016). Dynamic light scattering: a practical guide and applications in biomedical sciences. Biophysical reviews, 8(4), 409-427.

Ref. Expediente N° NC2021/0017701

Fe_3O_4 recubiertas o asociadas con carbono tipo coque (Página 255, Sección 2.2). Por tanto, el estado del arte ya contempla tanto (i) el uso de asfáltenos como fuente carbonosa (D2), como (ii) la presencia de carbono tipo coque en combinación con Fe_3O_4 (D5).

En consecuencia, la combinación de estas enseñanzas conduce de manera evidente al objeto reivindicado, sin que sea necesario que un único documento divulgue de forma aislada todas las características. Por ello, se mantiene que la materia reivindicada carece de nivel inventivo, al derivarse de forma previsible del estado de la técnica.

El solicitante reitera que: *“Previo a dar respuesta es importante aclarar de nuevo que, en esta observación, de acuerdo con los documentos citados, cuando el despacho menciona D2 en realidad está haciendo referencia es a D1, y a su vez, cuando menciona D4 se refiere es a D5, hecho del que partiremos para contestar (...) Reiteramos que la combinación de D1 y D5 no anticipan la totalidad de las características del nanocomposito de la presente solicitud de patente. El hecho de que D5 mencione que se usa coque siderúrgico en polvo como material de soporte, no significa que agregar D5 a D1 de como resultado capas de coque en el límite finito de la nanopartícula, considerando además que el coque siderúrgico empleado en D5 es un material microparticulado (ver figura 2, imágenes SEM de los materiales allí reportados), donde las partículas de “coke breeze” siderúrgico se encuentran en tamaños cercanos a los 20 micrómetros; mientras que las capas de carbono tipo coque formadas durante el tratamiento térmico del proceso reivindicado en la presente solicitud de patente son nanométricas (<5nm) lo que posibilita que la nanopartícula quede recubierta, ver figuras 1, 2 y 3 respuesta 8 de este documento. Es importante mencionar que, al hacer referencia a capas de carbono tipo coque sobre la nanopartícula, significa que el material formado sobre la superficie de la nanopartícula durante el tratamiento térmico tiene anillos fusionados provenientes de la fuente de carbono empleada (por ejemplo, asfáltenos) y su grado de coquización depende de la temperatura que oscila entre 300° y 700 °C, pero es similar a un coque petroquímico y, este material dista significativamente de las características de un coque siderúrgico, como el empleado en D5 (...) En conclusión, se reitera que aplicar D5 en D2 no lleva a un resultado siquiera similar al producto reivindicado en la presente solicitud de patente”.*

En atención a lo manifestado por el solicitante, la Oficina observa una imprecisión en la interpretación de los tamaños y de la enseñanza técnica de los documentos citados. En particular, el hecho de que en D5 en su análisis por microscopía electrónica de barrido (SEM) describa coque siderúrgico, esto se refiere a agregados, pero en su discusión aclara que las nanopartículas de Fe_3O_4 son de 90 nm en los compositos de Fe_3O_4 /Coque, mientras que las nanopartículas de Fe_3O_4 puro son de 180 nm (Página 256, Sección 3.1). La argumentación del solicitante se centra en el tamaño inicial del coque empleado como material de partida, pero omite que los resultados de las nanopartículas si se encuentran mencionados en D5.

Adicionalmente, la reivindicación no establece de manera limitante un espesor específico de las capas de carbono tipo coque (<5 nm) como característica técnica esencial verificable, ni demuestra que dicha dimensión conlleve un efecto técnico inesperado frente al estado del arte. En consecuencia, la diferencia alegada por el solicitante en términos de escala (micrométrica vs. nanométrica) no resulta suficiente para conferir actividad inventiva, ya que corresponde a una optimización de parámetros dentro del ámbito normal de experimentación del experto.

Por lo tanto, la combinación de D2 (fuente carbonosa tipo asfálteno asociada a Fe_3O_4) con D5 (presencia de coque en combinación con Fe_3O_4) sigue siendo válida y conduce de manera evidente a un nanocompuesto Fe_3O_4 /carbono tipo coque, independientemente de las variaciones en tamaño o morfología alegadas por el solicitante.

Ref. Expediente N° NC2021/0017701

De igual forma, el método reivindicado carece de nivel inventivo frente a D2 y D4, ya que resulta de una combinación evidente de enseñanzas conocidas en el estado de la técnica. En efecto, D2 divulga un método para preparar nanopartículas de magnetita asociadas a una fuente de carbono basada en asfáltenos, estableciendo la interacción entre precursores de hierro y una fase orgánica carbonosa. Por su parte, D4 enseña de manera explícita la aplicación de tratamientos térmicos en atmósfera inerte a temperaturas elevadas para obtener nanocompuestos Fe/C, lo que incluye la transformación de precursores orgánicos en materiales carbonosos y su interacción con especies de hierro.

Las diferencias alegadas en la solicitud, tales como la molienda mecánica o condiciones específicas de temperatura, tiempo y flujo de gas, corresponden a variaciones operativas y optimizaciones dentro del conocimiento habitual del experto, sin que se haya demostrado un efecto técnico inesperado asociado a ellas. En consecuencia, la persona normalmente versada en la materia, enfrentada al problema de obtener un método alternativo para preparar nanocompuestos Fe/C, habría combinado de manera directa las enseñanzas de D2 y D4, llegando al método reivindicado sin necesidad de actividad inventiva.

Con fundamento en las anteriores consideraciones, la Superintendente de Industria y Comercio,

RESUELVE

ARTÍCULO 1: Denegar la patente de invención para la creación titulada:

“NANOCOMPOSITOS MAGNÉTICOS HÍBRIDOS DE HIERRO Y CARBONO Y SU MÉTODO DE PREPARACIÓN”

ARTÍCULO 2: Notificar el contenido de la presente resolución a ECOPETROL S.A., advirtiéndole que contra ella procede el recurso de reposición ante la Superintendente de Industria y Comercio, el cual podrá ser interpuesto en el momento de la notificación o dentro de los diez (10) días hábiles siguientes a ella.

NOTIFÍQUESE Y CÚMPLASE

Dada en Bogotá D.C., el 16 de junio de 2026

LA SUPERINTENDENTE DE INDUSTRIA Y COMERCIO,



Firmado digitalmente
por: CIELO ELAINE
RUSINQUE URREGO
Fecha: 16-06-2026
12:07:02 PM
Razón: Validez jurídica.
Ubicación: Bogotá,
Colombia.