



Bogotá D.C., 28 de julio de 2025

Doctora

SANDRA ISABEL CALDERÓN RODRÍGUEZ

Directora División de Nuevas Creaciones

Superintendencia de Industria y Comercio

E. S. D.

Referencia: Expediente No **NC2021/0005810**

Asunto: Respuesta al requerimiento de fondo expedido dentro de la solicitud de patente titulada: *"COMPOSITOS TRIDIMENSIONALES DE CARBONO Y MICRO/NANOPARTÍCULAS Y SU MÉTODO DE PREPARACIÓN"* - **3484 de 11 de marzo de 2025**.

Solicitante: ECOPETROL S.A.

Respetada directora,

LUZ MARA HERRERA HERRERA, en mi condición de apoderada del solicitante de la patente de la referencia, encontrándome dentro de los términos legales previstos, doy repuesta al oficio No. **3484** relacionado en el asunto, según el cual, como resultado del examen de patentabilidad realizado a la solicitud de la referencia, la Dirección encuentra que *"la materia objeto de solicitud no cumple con algunos requisitos establecidos en la Decisión, con fundamento en los siguientes aspectos"* que abordaré uno a uno:

"(...)

4. De la solicitud de patente

4.1. Reivindicaciones

Teniendo en cuenta lo establecido en el artículo 30 de la Decisión 486 de 2000 de la Comisión de la Comunidad Andina:

"Las reivindicaciones definirán la materia que se desea proteger mediante la patente. Deben ser claras y concisas y estar enteramente sustentadas por la descripción. (...)"

Observación 1.

"(...) Esta oficina informa que, El capítulo reivindicatorio no es claro, toda vez que los elementos esenciales de la invención, que deberían ser parte de la reivindicación principal, se encuentran distribuidos en diferentes reivindicaciones. De acuerdo con lo anterior, se sugiere replantear el capítulo reivindicatorio, de manera que la reivindicación independiente incluya todas las características esenciales de la invención que se desea proteger.

El capítulo reivindicatorio no se encuentra debidamente sustentado en la descripción, ya que las realizaciones preferidas solo hacen referencia a un material carbonáceo obtenido a partir de los componentes mencionados en la Tabla 1, lo cual no evidencia la acción de todos los componentes reclamados, sino que se hace una generalización de manera especulativa. Se sugiere restringir la solicitud a una cantidad razonable de materiales que se encuentren debidamente sustentados en la descripción. A partir de los ejemplos proporcionados, se identificaron los siguientes componentes específicos:

Tabla 1. Ejemplos de los componentes sustentados

Componentes	Soporte de los ejemplos presentados
Micro/nanopartículas	Nanopartículas de hematita ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) (Ejemplo 1) Nanopartículas de óxido de titanio (TiO_2) (Ejemplo 2)
Plantilla polimérica	Plantilla polimérica tridimensional de melamina (Ejemplo 1 y 2)

El solicitante debe definir con precisión la materia y el alcance de la invención a través de características técnicas esenciales que estén completamente sustentadas en la descripción. Además, se le recuerda que la inclusión de definiciones amplias como: Micro/nanopartículas de "metales en estado de oxidación M^0 , en estados oxidados $M^{1+}...7^+$, óxidos metálicos o derivados metálicos" y Plantilla polimérica con una composición extremadamente amplia (C: 1.0-99.9%; H: 0.1-99.9%; N: 0-30%; O: 0-30%; S: 0-30%), abarca prácticamente todos los metales y sus derivados, así como una infinidad de compuestos poliméricos. Lo cual implica que la reivindicación protege materia mucho más amplia en comparación con los casos específicamente evaluados y ensayados. Por lo tanto, no representa una generalización razonable basada en la información presentada en la memoria descriptiva.

La reivindicación 7 no es clara porque reclama una fuente de carbón. Sin embargo, la reivindicación 1 que es la que define todas las características técnicas esenciales de la invención no la incluye. La ausencia de esta característica en la reivindicación 1 genera una mayor amplitud en comparación con la reivindicación dependiente, lo que afecta la claridad de la misma. Si la fuente de carbón es esencial para la obtención del material carbonáceo descrito, se sugiere incluir esta característica en la reivindicación independiente para definir con mayor precisión el alcance de la invención.

Las reivindicaciones 7 a 9 no están enteramente sustentadas en el capítulo descriptivo, pues en este no se evidencia un material carbonáceo que incluya una fuente de carbón, con todas las posibles combinaciones que abarca cada definición de las reivindicaciones 7 a 9. Se aclara que, de acuerdo con la descripción, se evidencia la fuente de carbono consiste en una fracción insoluble en *n*-heptano de un crudo pesado (ejemplos 1 y 2 de

la descripción). Se le recuerda al solicitante que no basta con la simple mención de la materia, sino que se hace necesaria una descripción técnica completa de la misma. Por lo tanto, se sugiere restringir la solicitud a una razonable generalización del tipo de materiales que han sido sintetizados o probados.

En consecuencia, es necesario que allegue las aclaraciones o modificaciones correspondientes para dar cumplimiento a lo establecido en el citado artículo (...)"

Respuesta 1.

Compartimos lo expuesto por el despacho y, por ende, incluimos en la reivindicación principal o independiente los elementos esenciales de la invención.

Dado que no se deben reivindicar componentes de manera especulativa, se ajustaron las realizaciones preferidas en el capítulo reivindicatorio. Es importante recordar que no es necesario demostrar mediante ejemplos y en la descripción la sustentación de todos y cada uno de los elementos reclamados, pues esto limitaría la protección solo a lo que está presentado en los ejemplos.

Igualmente, con el objetivo de dar claridad a la reivindicación 7, se ajustó la reivindicación independiente 1 incluyendo las características esenciales de la "fuente de carbono"

"(...)

4.2. Descripción "(...)"

Observación 2.

El despacho indica "(...) Revisado el capítulo descriptivo de la solicitud, este no divulga la invención de manera suficientemente clara y completa, para que una persona capacitada en la materia pueda ejecutarla, incumpliendo de esta forma lo establecido en el artículo 28 de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina, en particular, el literal (e)

"(...) e) se describe la mejor manera conocida para llevar a la práctica la invención, con ejemplos y referencias a los dibujos, de ser estos pertinentes. (...)."

En este sentido, en el capítulo descriptivo bajo el radicado No. NC2021/0005810 de 30 de abril de 2021, no se evidencia material carbonáceo que incluya micro/nanopartículas, una plantilla polimérica y una fuente de carbón con todas las posibilidades reclamadas en el capítulo reivindicatorio. Se aclara que de acuerdo con la descripción proporcionada, se identifican: Micro/nanopartículas: Nanopartículas de hematita ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) (Ejemplo 1) y Nanopartículas de óxido de titanio (TiO_2) (Ejemplo 2); Plantilla polimérica: Plantilla polimérica tridimensional de melamina (Ejemplo 1 y 2), y como fuente de carbono, una fracción insoluble en n-heptano de un crudo pesado (Ejemplos 1 y 2). Se le recuerda al solicitante que no es suficiente la mera mención de los elementos de la invención. Es imprescindible proporcionar una descripción técnica completa y detallada de la misma. En ausencia de esta descripción, un técnico medio enfrentaría una carga experimental excesiva e injustificada al intentar replicar la invención, lo que afecta la suficiencia descriptiva de la solicitud. En consecuencia, la materia reclamada, tal y como está redactada, busca abarcar todas las soluciones posibles, lo cual constituye una generalización injustificada del verdadero alcance de la invención.

Se debe tener en cuenta que, de acuerdo con el artículo 34 de la citada Decisión, dicha modificación no podrá ampliar la divulgación inicial; por lo que, en caso de agregar nuevos elementos en la solicitud, la descripción modificada no será aceptada.

Respuesta 2.

Compartimos parcialmente lo expuesto por el despacho, por ende, aun cuando están en los ejemplos del capítulo descriptivo, se incluyeron en la descripción de este los elementos señalados del capítulo reivindicatorio, sin ampliar la divulgación inicial, pues es importante recordar que aquello presentado inicialmente en el capítulo reivindicatorio hace parte de la divulgación inicial de la solicitud de patente.

"(...)

5. Determinación del Estado de la Técnica

La fecha para determinar el estado de la técnica es el 1 de octubre de 2020, que corresponde a 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
D1	Mirhosseinian, et al. Journal of Materials Science	"Preparation and characterization of superhydrophobic melamine and melamine-derived carbon sponges modified with reduced graphene oxide-TiO ₂ nanocomposite as oil absorbent materials"	Febrero de 2020
D2	Calvo-Correas, et al. Journal of Materials Research and Technology	"Residues from rigid foams and graphene for the synthesis of hybrid polyurethane flexible foams composites"	Disponible en línea: 15 de abril de 2021

D1 divulga la aplicación de un nanocompuesto de óxido de titanio (TiO₂) y óxido de grafeno reducido en un sustrato de esponja de melamina cruda y carbonizada mediante un método simple de recubrimiento por inmersión. Los resultados muestran que una mejor unión del nanocompuesto sintetizado a las fibras de esponja carbonizada conduce a un mayor aumento del área superficial que la esponja cruda modificada (Resumen).

D2 enseña la síntesis de composites de espuma flexible de poliuretano híbrido biobasado que contenían un residuo de la industria del surf (polvo de poliuretano) como carga y residuo de grafito o grafeno. Se observó que la adición del polvo en cantidades bajas no modificaba considerablemente las propiedades finales, ya que la estructura celular no se veía comprometida. Además, el polvo aumentaba la capacidad de las espumas para retener los rellenos carbonáceos (Resumen).

6. Examen de Patentabilidad

De acuerdo con lo establecido en el artículo 14 de la Decisión 486 de 2000 de la Comisión de la Comunidad Andina, en el cual se establecen los requisitos de patentabilidad objeto de la solicitud en estudio, esta Oficina presenta a continuación el análisis de los requisitos de patentabilidad.

6.1. Nivel Inventivo

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 (NC2023/0017890 del 19 de diciembre de 2023) refiere a: "Una síntesis de un fluido para modificación de permeabilidad relativa basado en nanopartículas de SiO_2 -poliacrilamida parcialmente hidrolizada, caracterizado por que comprende las siguientes etapas:". A continuación, se presenta la tabla comparativa entre el objeto reivindicado y los documentos encontrados en el estado de la técnica:

CARACTERÍSTICAS ESENCIALES	D1	D2
Síntesis de un fluido para modificación de permeabilidad relativa basado en nanopartículas de SiO_2 poliacrilamida parcialmente hidrolizada	Síntesis de híbrido molecular basado en nanopartículas de sílice/poliacrilamida hidrolizada (Pág. 3, Sección 2.2)	Síntesis de un aditivo para tratamiento de una formación subterránea (Reivindicación 1)

a. La Síntesis de nanopartículas de óxido de sílice	Preparación de nanopartículas de SiO_2 (Pág. 3, Sección 2.2)	Proporcionar nanopartículas magnéticas recubiertas de sílice o alúmina. (Reivindicación 1, 6)
Sonicación en un baño ultrasonido, 200 mL y 400 mL de agua destilada y entre 2 y 4 g de tensoactivo Polietilenglicol (PEG) 400	-----	-----
Agregar NH_4OH hasta pH 9 y adicionar entre 15 y 20 mL de tetraetoxisilano (TEOS). La temperatura se eleva hasta un rango de 40°C a 65°C y se deja reaccionar por una hora con sonicación constante con equipo de ultrasonido	Se añadió 1 mL (4,48 mmol) de tetraetilortosilicato (TEOS) a una solución de hidróxido de amonio en etanol (relación 1:5). La dispersión obtenida se agitó durante tres horas a 90°C, (Pág. 3, Sección 2.2)	-----
Enfriar a temperatura ambiente ($20\text{-}25^\circ\text{C}$) y centrifugar de 10000 a 12000 rpm durante 30 o 50 min (10°C) con tres lavados de una solución EtOH/H_2O, para remover el tensoactivo y recuperar las nanopartículas sólidas,	-----	-----

• Secar a temperatura de 80 a 105 °C durante un tiempo de 8 a 14 horas.	Las NP correspondientes se recuperaron por centrifugación y se secaron en un horno convencional durante 24 h a 90°C. (Pág. 3, Sección 2.2)	-----
• Realizar la activación superficial de las nanopartículas de SiO₂, mediante la inmersión de los productos sólidos en una solución de HCl 1M en una proporción de 5 % p/v en un recipiente, luego esta solución se somete a agitación magnética en un rango de 120 a 150 min.	-----	-----
• Separar el precipitado de la solución por centrifugación de 9000 a 12000 rpm por 30 a 50 minutos a 10 °C	Las NP correspondientes se recuperaron por centrifugación	-----
b. Aminación de las nanopartículas de sílice con aminopropil – trietoxisilano (APTES).	Aminación con APTES (Pág. 3, Sección 2.2)	Funcionalización de las nanopartículas con 3-aminopropiltriethoxisilano (Pág. 10, Esquema 4)

• Inicialmente se emplea una proporción molar entre 1:1.3 y 1:1.7 eq-mol del óxido metálico (OM) con respecto al precursor silano APTES. De este modo, se tomó el sólido producto de la calcinación junto con tolueno en un recipiente. El tolueno empleado en este paso es previamente deshidratado por tratamiento con carbonato de sodio. La mezcla del OM/Tolueno entre 1:20p/v y 1:50 p/v fue puesta bajo agitación magnética a 300 rpm y a burbujeo con N₂ durante 20 min adicionando a la mezcla, entre 1% y 3% v/v de surfactante PEG 400. Al montaje se adicionó un condensador y recirculación de agua fría.	Las NP de SiO₂ previamente obtenidas se modificaron eficientemente utilizando APTES siguiendo el procedimiento para amino-funcionalización propuesto por Chen et al. ----- (Pág. 3, Sección 2.2)	-----
• Adicionar el APTES gota a gota y se mezcla el sistema entre 5 y 10 minutos.	Adicionar APTES (Pág. 3, Sección 2.2)	Se adiciona APTES (Pág. 10, Línea 19-20)

Asegurar el sistema de atmósfera inerte con nitrógeno gaseoso, se cierra con la inclusión de globo con N_2 en la parte superior del condensador.	-----	-----
La configuración de la reacción es sometida a temperatura de reflujo y se permite la reacción por tiempo de 10h a 16 h.	-----	-----
c. Polimerización de las nanopartículas aminadas.	Polimerización con HPAM (Pág. 3, Sección 2.2)	Polimerización con HPAM (Pág. 8, Esquema 1)
De manera inicial, se llevó a cabo la activación de los grupos carboxilos de la HPAM con (EDC), para ello dos compuestos se disuelve en buffer fosfato pH 4.75 en una proporción molar entre 1:1.2 eq-mol y 1:2 eq-mol de COO^-/EDC. La concentración de HPAM en solución está entre 3% y 8% p/v. Esta solución se mantuvo bajo agitación constante a 120 rpm y temperatura entre 20°C y 30°C durante 30 a 50 minutos controlando el pH de	----- El polvo de HPAM se agregó lentamente a la mezcla ----- (Pág. 3, Sección 2.2)	Reacción de una función ácido carboxílico con una carbodiimida tal como hidrocloruro de 1-etil-3-(3-dimetilaminopropil) carbodiimida seguida de la reacción con sal sódica N hidroxisulfosuccinimida ----- (Pág. 7, Línea 19-27)

modo tal que se mantenga invariable.		
• Adicionar un surfactante no iónico entre 1% y 4% p/v	-----	-----
• Adicionar lentamente las nanopartículas de óxido de silicio en una proporción de 0.1 y 1.3 % p/v en la mezcla de reacción. Esta reacción se mantuvo bajo	Una vez purificado y caracterizado el $n\text{SiO}_2$ -APTES, 2 g de este material se dispersaron con agitación vigorosa en una solución de THF/agua.	reacción con una función amina llevada por la nanopartícula.
agitación constante a 250 rpm durante 12h a 18 h a temperatura entre 20°C a 30°C.	El pH de la solución se ajustó a 56 utilizando una solución de ácido sulfúrico (0,1 M) (Pág. 3, Sección 2.2)	(Pág. 7, Línea 19-27)
• Posteriormente se llevó a cabo la separación del sólido por centrifugación (8000 rpm a 12000 rpm, 20min a 40 min, 10 °C a 18°C) y secado (80 °C a 35 120 °C, 5h 10 h).	Una vez finalizada la reacción, el nanohíbrido correspondiente se recuperó mediante centrifugación y se lavó tres veces con 20 mL de 2-propanol y se secó a 60 C en un horno convencional durante 24 h. (Pág. 3, Sección 2.2)	-----

(...)"

Observación 3.

El despacho indica que "(...) D1 se considera el estado de la técnica más cercano a la invención definida en la reivindicación 1 porque divulga un material que es un nanocompuesto de $r\text{GO}/\text{TiO}_2\text{-OA}$ que cubre la superficie lisa y limpia de las fibras de

esponja. Este nanocompuesto se caracteriza por su morfología superficial y composición química, lo que lo hace ideal para aplicaciones de separación de aceites y compuestos hidrofóbicos en agua. Además, se destaca por su alta capacidad de absorción y selectividad, lo que lo convierte en una opción eficaz para la remoción de contaminantes (Pág. 6). Es importante resaltar que, si bien D1 no especifica el tamaño de las nanopartículas, es ampliamente conocido por el técnico medio que las nanopartículas se definen como: Partícula de cualquier forma con dimensiones en el rango de 1×10^{-9} a 1×10^{-7} metros¹, es decir de 1 a 100 nm; por lo tanto, dicha característica corresponde a una divulgación implícita de D1 (...)

Respuesta 3.

la presente solicitud de patente es diferente a la invención expuesta en D1. D1 plantea la formación de un material compuesto formado por óxido de grafeno reducido y partículas de TiO₂ dispersas con ácido oleico, recubiertas de esponjas formadas por fibras poliméricas de melamina. El, óxido de grafeno que usa, se obtiene a partir de grafito; mientras que en la presente solicitud de patente usa materiales de carbono derivados de petróleo, carbón, arenas bituminosas o gas licuado, tales como coque, asfaltenos, fondos, etc. Estos materiales presentan contenidos de carbono diferentes y propiedades estructurales y funcionales diferentes al grafito que usa D1 como material precursor: El óxido de grafeno usado en D1 es similar al grafeno, si bien con grupos funcionales que contienen oxígeno (grupos hidroxilo, epóxidos y carboxílicos) anclados a los planos basales y bordes de la monocapa de carbono. Estos grupos funcionales le confieren polaridad y defectos en la estructura (Ver: Bychko, I. et al. (2002) *Differences in the structure and functionalities of graphene oxide and reduced graphene oxide obtained from graphite with various degrees of graphitization. Journal of Physics and Chemistry of Solids*, 164, 1106149); Por otro lado, los materiales de carbono usados en la presente solicitud de patente son derivados de combustibles fósiles tales como, coque de petróleo o asfaltenos producidos por procesos de *upgrading* de crudos o tratamiento térmico de fracciones pesadas del petróleo. Estos poseen estructuras ricas en carbonos aromáticos,

¹ Vert, M., Doi, Y., Hellwich, K., Hess, M., Hodge, P., Kubisa, P., Rinaudo, M. & Schué, F. (2012). Terminology for biorelated polymers and applications (IUPAC Recommendations 2012). *Pure and Applied Chemistry*, 84(2), 377-410. <https://doi.org/10.1351/PAC-REC10-12-04>

con capas de carbono más pequeñas y menos organizadas que el grafito o sus derivados como el óxido de grafeno o grafeno. Además, poseen heteroátomos en su estructura tales como N, S u O, y metales pesados tales como Ni o V en su estructura molecular (Ver: Gyul'maliev, A.M. et al. (2007) *Classification of fossil fuels according to structural-chemical characteristics. Solid Fuel Chemistry*, 41, 257-266). Estas diferencias estructurales generan interacciones diferentes con los polímeros 3D.

A su vez, en D1, la obtención del nanocompuesto se realiza mediante un tratamiento térmico que sintetiza las nanopartículas, de TiO_2 , y la reducción del óxido de grafeno a grafeno en condiciones de autoclave a 180 °C por 12 h; mientras que, en la presente solicitud de patente, la obtención del material de carbono compuesto se lleva a cabo directamente mediante la impregnación del material de carbono con las nano y/o micropartículas suspendidas en un solvente orgánico, es decir no requiere tratamiento térmico. Si se aplicara este mismo proceso de impregnación en D1, se vería limitado el control del tamaño y forma de las nanopartículas por las condiciones locales de formación; mientras que en la presente solicitud de patente se pueden usar nano- o micropartículas bien definidas y monodispersas. Otra diferencia es que la generación del material compuesto en la anterioridad D1 es más compleja, pues se requiere de agentes dispersantes y solventes, y de condiciones térmicas o solvotérmicas para favorecer la síntesis de las nanopartículas sobre la superficie del material de carbono; mientras que la presente solicitud solo requiere un proceso de mezcla física de los nanos con el material de carbono. .

A su vez, la formación del material 3D en D1 se lleva a cabo en dos etapas, la impregnación de la esponja polimérica con la solución del nanocomposito rGO/ TiO_2 -OA en condiciones de microondas a una temperatura de 200 °C y posterior tratamiento del polímero impregnado con el nanocompuesto en horno en condiciones inertes a temperatura de 500°C; mientras que, en la presente solicitud, la impregnación del nanocomposito de carbono y nano/micro partículas del polímero se hace en condiciones de horno de vacío y posterior secado del material compuesto con el polímero, para finalmente ser tratado este material 3D del polímero impregnado con el nanocompuesto en horno a alta temperatura en condiciones inertes dada por una rampa de temperatura

en un rango de 100-1400 °C para facilitar la carbonización del material y cambio de los estados de oxidación de los metales. Esto hace que sean diferentes los productos obtenidos, ya que presentan tanto diferencias en los precursores usados y en sus procedimientos para llegar al producto como en los productos obtenidos y efectos que estos generan.

Observación 4.

El despacho indica que "(...) La diferencia entre la invención definida en la reivindicación 1 y el material divulgado en D1 consiste en especificar que la estructura polimérica tiene una proporción de H de 0.1- 99.9%, celdas cerradas en un rango de 0.1 al 60% y celdas abiertas en un rango de 50-99.9%.

No hay efecto asociado a incluir que la estructura polimérica tiene una proporción de H de 0.1-99.9%, celdas cerradas en un rango de 0.1 al 60% y celdas abiertas en un rango de 50-99.9%.

Por lo tanto, el problema técnico objetivo que pretende resolver esta invención se puede formular así: ¿Cómo modificar el material conocido en D1 con el fin de obtener un material alternativo?

Sin embargo, el incluir que la estructura polimérica tiene celdas cerradas en un rango de 0.1 al 60% y celdas abiertas en un rango de 50-99.9%, para obtener un material, ya está divulgado en D2 que se refiere a compositos de espuma flexible de poliuretano híbrido que contienen diferentes cantidades de polvo reciclado de poliuretano e impregnados con rellenos carbonáceos, es decir, residuos de grafito y grafeno (GR). La técnica de molienda empleada para el polvo de poliuretano es una forma sólida de procesar los desechos, ya que de esta manera el 75% del polvo es adecuado para la formulación de espumas. Además, la adición de polvo de poliuretano en bajos contenidos (10% en peso) no interfiere en la estructura celular en gran medida y, por lo tanto, las propiedades de las espumas no se ven comprometidas en gran medida. El GR empleado, obtenido como subproducto del proceso de exfoliación del grafeno, muestra una morfología intermedia entre el grafeno de pocas capas y el grafito. Los resultados de

microscopía de fuerza atómica y Raman confirman su naturaleza carbonácea y su estructura de múltiples capas. La presencia del polvo reciclado en bajo contenido aumenta la capacidad de la espuma compuesta para retener una mayor cantidad de relleno carbonáceo después de la inmersión. En cuanto a las propiedades mecánicas, las espumas híbridas preparadas tanto con grafito como con GR mantienen el comportamiento flexible de la espuma de referencia y no se observa un efecto importante de rigidización. Las espumas compuestas híbridas mantienen el comportamiento hidrofóbico de la espuma polimérica. Además, la presencia de grafito y GR confiere naturaleza oleofílica y capacidad de absorción selectiva de aceite. De esta manera, las características esponjosas de las espumas compuestas híbridas y su comportamiento oleofílico mejorado las convierten en candidatos adecuados para materiales de separación selectiva de agua y aceite (Pág. 2136). La estructura polimérica tridimensional de material poroso 10% PUP está constituido por $\approx 45\%$ de celdas cerradas y $\approx 55\%$ de celdas abiertas (Figura 2c) (...)"

Respuesta 4.

No es correcta la apreciación del despacho según la cual, el problema técnico objetivo que pretende resolver esta invención se puede formular así: "*¿Cómo modificar el material conocido en D1 con el fin de obtener un material alternativo?* ", pues existen claras diferencias entre D1 y la presente solicitud de patente, tal como lo menciona el Despacho textualmente: "*El material que se describe en la presente invención difiere de los materiales mencionados en las invenciones descritas previamente por dos razones; 1) el material compuesto tridimensional que se describe en la presente invención, es el producto de un proceso de inmersión de una plantilla polimérica tridimensional en una fuente de carbono diferente al grafeno y sus derivados y, 2) el proceso de obtención del material compuesto de carbono y micro/nanopartículas resulta después de un tratamiento térmico a una temperatura entre 200 y 1200 °C en atmósfera inerte*". En consecuencia, no se busca la modificación de un proceso ya descrito para obtener un material alternativo, sino que un proceso nuevo de obtención de un material 3D polimérico usando un precursor de carbono diferente para la obtención del nanocompuesto de carbono impregnado con nano y micropartículas.

Adicionalmente, durante la preparación de los polímeros, el óxido de grafeno (señalado en D1) es un material del cual se conoce su alta solubilidad en agua o componentes afines a la síntesis de los polímeros, (Marcano, D. C. et al. (2010) *Improved synthesis of graphene oxide*. ACS Nano, 4, 4806-4814; Farjadian, F. et al. (2020) *Recent Developments in Graphene and Graphene Oxide: Properties, Synthesis, and Modifications: A Review*, Chemistry Select, 5, 1-21), esto, por sus propiedades ampliamente descritas en la literatura. El material de carbono que se menciona en la presente solicitud de patente es un material diferente al grafeno en su origen, estructura fisicoquímica y propiedades.

Como indicamos en la respuesta al primer requerimiento de fondo, en la presente invención se emplean como fuentes de carbono diversos derivados de procesos de refinación, tales como coque, fondos de vacío, entre otros, y de mejoramiento de propiedades reológicas de petróleo tales como asfaltenos, con diferentes fórmulas químicas (CHONS), estructura molecular y grado de grafitización diferente al grafeno, contenido de heteroátomos (N,S,O) y metales (Ej. Ni, V). Este tipo de subproductos de refinación son estructuralmente diferentes entre sí, es decir las moléculas son heterogéneas, varía en su tamaño molecular y también son completamente diferentes al grafeno y sus derivados como el óxido de grafeno cuyas moléculas son homogéneas. El ejemplo 1 del capítulo descriptivo de la presente solicitud de patente menciona un composito tridimensional que se obtiene a partir de compuestos derivados de una fracción pesada del petróleo. Esta fracción pesada del petróleo es típicamente un conjunto de moléculas insolubles en un hidrocarburo (por ej. compuestos insolubles en n-pentano) que pueden tener tamaños pequeños a tamaños grandes y que se rige por una distribución de peso molecular (ver Mullins, O. C. et al. (eds.) (2007) *Asphaltenes, Heavy Oils and Petroleomics*, Springer, New York). En cambio, el precursor usado en D1, como el óxido de grafeno o grafeno, presentan una estructura homogénea y distinta de un asfalteno (ver Figura 1).

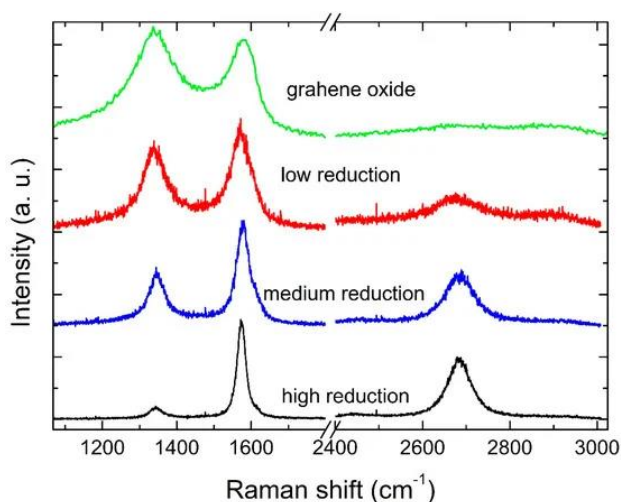


Figura 1. Espectro Raman del óxido de grafeno y grafeno (ver Scardaci, V., & Compagnini, G. (2021). Raman spectroscopy investigation of graphene oxide reduction by laser scribing. *C*, 7(2), 48.)

Las características fisicoquímicas señaladas, hacen que al aplicar procedimientos de dispersión e impregnación en las plantillas poliméricas, se obtengan en la presente invención resultados diferentes a D1 , pues los óxidos de grafeno son láminas bidimensionales con grupos oxigenados en su superficie y bordes, mientras que los óxidos de asfaltenos son moléculas aromáticas polinucleares con grupos sustituyentes oxigenados de estructura que no es laminar. Esto hace que su funcionalidad sea diferente, tanto en su dispersión en solventes como su impregnación de compuestos inorgánicos tales como los óxidos metálicos (por ej. TiO_2).

Otro aspecto, es que el óxido de grafeno se dispersa en forma de material coloidal en medios acuosos o en solventes miscibles como etanol e interactúa con los metales por sus grupos funcionales oxidados, mientras que los óxidos de asfaltenos la impregnación es a través de interacciones π - π , esto hace que la distribución de las nanopartículas, así como su anclaje al material de carbono sea totalmente diferente (Dreyer, D.R., Park, S., Bielawski, C.W. and Ruoff, R.S. (2010) *The chemistry of Graphene oxide*. *Chemical Society Reviews*, 39(1), 228-240; González, M.F., Ancheyta, J. and Trejo, F. (2014) *Asphaltene oxidation: a review*. *Energy and Fuels*, 28(12), 7205-7220; Wei, J. and Xu, M. (2011) *Activation and surface modification of carbon materials for environmental*

applications. In: Environmental Chemistry for a Sustainable World (pp-193-216). Springer Verlag).

Aunque los rangos de celdas abiertas/ cerradas sean similares o estén comprendidos en la anterioridad D2 como afirma el despacho, esta anterioridad usa poliuretano recubierto de materiales de grafito o derivados de este (por ej. grafeno); mientras que la presente solicitud de patente utiliza otros tipos de polímeros con diferente grado de reticulación (por ej. melanina), por lo que las características estructurales son diferentes. Incluso si los rangos de porosidad coincidieran parcialmente, la combinación de materiales para generar el material compuesto del polímero 3D recubierto de un material derivado del petróleo con nanopartículas de óxidos metálicos, le confiere un efecto técnico diferente no predecible. Por lo tanto, consideramos que la invención reivindicada no surge de manera evidente en vista de la anterioridad D2 referenciada por el despacho.

Observación 5.

El despacho señala que "(...) *Por otro lado, en la sección del análisis elemental de D1 se han cuantificado otros elementos, sin embargo, es importante señalar que, debido al uso de la técnica EDX, el hidrógeno (H) no se ha cuantificado explícitamente. Aunque el hidrógeno no se haya cuantificado directamente, es ampliamente conocido que su presencia en la estructura polimérica es inherente, dado su papel en la formación de enlaces con otros elementos. Por lo tanto, incluir la cuantificación del hidrógeno no aporta nivel inventivo a la solicitud, especialmente considerando el amplio rango porcentual reclamado, que abarca desde un mínimo de 0.1% hasta un máximo de 99.9%. En este contexto, resulta evidente que la presencia de hidrógeno en la estructura polimérica es una característica implícita y esperada, lo que reduce la relevancia de su cuantificación específica con el fin de otorgar nivel inventivo a la solicitud de patente. Diferimos de esta apreciación, ya que este rango está vinculado a la funcionalidad del material de carbono usado. Así, por ejemplo, si se usa el producto de reducción del óxido de grafeno, se obtiene una reactividad diferente que cuando se reduce un óxido de coque, ya que el contenido de hidrógeno en ambos precursores es diferente. Como se ha explicado previamente su estructura química es diferente, lo cual genera procesos diferentes. Por lo tanto, el contenido de hidrógeno y su cuantificación no constituye un*

parámetro arbitrario, ya que está directamente vinculado con la estructura química y propiedades funcionales del material reivindicado. De tal forma que en los materiales carbonosos, el contenido de hidrógeno es un indicador indirecto del grado de oxidación y/o funcionalización del material, y que afecta la reactividad y capacidad de adsorción del material compuesto. En consecuencia, esto permite lograr un resultado técnico específico, y que es que, en el caso de la PSP al contener mayor cantidad de hidrógeno, favorezca la formación por ej. de magnetita durante el proceso térmico de reducción y facilite el anclaje de las nanopartículas y el material de carbono compuesto al polímero 3D.

En consecuencia, la persona normalmente versada en la materia estaría motivada a incluir la estructura polimérica tiene celdas cerradas en un rango de 0.1 al 60% y celdas abiertas en un rango de 50-99.9% de D2, junto con modificaciones rutinarias en el material de D1, para así llegar al objeto de la reivindicación 1. Por lo cual se considera obvia.

Adicionalmente, D1 menciona que la melamina es una estructura polimérica utilizada en la fabricación de esponjas de melamina, las cuales son materiales porosos tridimensionales con propiedades como bajo costo, baja densidad, alta porosidad y capacidad de absorción elevada. Estas esponjas son modificadas para separar secciones de aceite u orgánicas del agua, convirtiéndolas en superhidrofóbicas para mejorar la selectividad de absorción. Los resultados del análisis elemental por EDX muestran que las esponjas no modificadas contienen elementos como C, N, O, Na y S. Después de la modificación con el nanocompuesto rGO/TiO₂-OA, la presencia de señal de Ti confirma la funcionalización de las esponjas con el nanocompuesto. La distribución del nanocompuesto en las fibras de la esponja cruda parece desigual, mientras que se observa un recubrimiento mejor y más uniforme en las fibras de la esponja carbonizada (Pág. 2-16) (...)"

Respuesta 5.

La anterioridad D2 menciona el efecto de diferentes concentraciones de polioli y MDI en la obtención de poliuretano sobre el porcentaje de celdas abiertas y/o cerradas de una

material polimérico tridimensional, en cambio en la presente solicitud se enfatiza esto no debido a las diferencias en porcentajes de precursores para la síntesis del polímero, sino de las matrices poliméricas usadas como molde para el recubrimiento con el nanocompuesto conformado por un material de carbono y nanopartículas de óxidos metálicos tales como magnetita. Por esta razón, en la presente solicitud se proponen diferentes modelos de matrices poliméricas para recubrirlas con los nanocompuestos de carbono, con diferentes porcentajes de entrecruzamiento, de tal manera de obtener materiales con diferentes áreas superficiales y tamaños de poro.

(...)”

8. Respuesta a los argumentos del solicitante

Argumentos respecto a claridad (...)”

Observación 6

El solicitante argumenta que: “(...) En cuanto a lo señalado sobre la reivindicación 1, nos permitimos aclarar que, si bien en la reivindicación 1 se menciona que la plantilla polimérica puede estar constituida por un polímero cuya composición incluye nitrógeno, oxígeno y azufre, esta plantilla también puede constituirse por un polímero de tipo poliolefina como el polietileno, polipropileno o poliestireno, cuya estructura química y composición elemental es solo hidrógeno y carbono. La composición per se y el porcentaje de los elementos que constituyen la plantilla puede variar, por eso se expresa que, para el caso de polímeros que solo están constituidos por carbono e hidrógeno, los elementos comprendidos entre oxígeno, nitrógeno y azufre no estarán en la plantilla polimérica. El proceso mencionado en el capítulo descriptivo de esta solicitud de patente permite emplear varias plantillas poliméricas, por lo que se consideró reivindicarlas y, con base en lo expuesto, se hacen los ajustes correspondientes en la reivindicación 1, señalando el tipo de plantilla polimérica.

Compartimos lo indicado por el despacho respecto de la reivindicación 3, -y se incluyeron las características opcionales o preferentes en una reivindicación dependiente- así como lo señalado de las reivindicaciones 5 a la 7 y, por ende, se ajustaron a reivindicaciones de proceso”

Esta Oficina aclara que la reivindicación 1 abarca materia a proteger de alcance excesivamente amplio. La definición de micro/nanopartículas y de la plantilla polimérica tridimensional en la reivindicación 1 comprende una cantidad indefinida de materiales y combinaciones que no han sido demostradas en la presente solicitud, lo que no representa una generalización razonable del sustento técnico proporcionado en la descripción (...)"

Respuesta 6.

Si bien en la presente solicitud de patente se plantea un gran número de nanopartículas posibles, la reivindicación hace referencia esencialmente a óxidos metálicos o metales. Por esta razón, se enfatiza que el nanocompuesto está formado principalmente por un material de carbono que no está constituido exclusivamente por carbono (por ej. grafito o grafeno, tal como en D1 o D2), sino que contiene, además de carbono, heteroátomos como N, S u O que le dan un carácter estructural y funcional diferente.

Adicionalmente, como se mencionó previamente, el material de carbono reivindicado difiere del óxido de grafeno o el grafeno y sus derivados, por lo cual los materiales tienen características estructurales y por ende funcionalidades distintas y en consecuencia, generan un efecto técnico diferente al de D1; dicho efecto diferente se refiere principalmente a la interacción y distribución de nanopartículas sobre el compuesto de carbono y el recubrimiento del material, lo cual genera diferentes efectos funcionales del material polimérico 3D recubierto con el material de carbono con las nano- y micro-partículas ancladas sobre el mismo. Además, la definición de un amplio rango de nanopartículas, como se ha mencionado previamente, se ajusta a óxidos metálicos, como por ej. Magnetita, hematita, o maghemita, debido a que tanto las nano como las micropartículas descritas en la presente solicitud de patente comparten una estructura funcional y propiedades superficiales comunes, específicamente en presencia de grupos funcionales, morfología y anclaje con el material de carbono propuesto en la presente solicitud de patente para su interacción específica con la plantilla polimérica (Qi, L. et al. (2013) *Template-assisted synthesis of nanostructured materials for energy storage and conversion. Chemical Society Reviews*, 42(12), 5487-5512).

Observación 7.

El despacho señala que "(...) Además, se aclara que, en la memoria descriptiva, los ejemplos específicos proporcionados (Ejemplo 1 y 2, pág. 12 a 17) solo hacen referencia al uso de una plantilla polimérica tridimensional de melamina, que contiene nitrógeno en su estructura. No se han descrito ejemplos concretos donde se empleen poliolefinas ni se ha demostrado que estas puedan desempeñar una función equivalente dentro del proceso reivindicado. El mecanismo de interacción entre la plantilla polimérica y los materiales impregnados depende de su composición química específica, por lo que la mera mención del porcentaje de cada elemento no constituye una base técnica suficiente para extender la protección a todos los polímeros, especialmente aquellos con estructuras químicas completamente distintas (como las poliolefinas). De hecho, materiales como el polietileno o el poliestireno presentan propiedades fisicoquímicas y térmicas sustancialmente diferentes a las de la melamina, lo que podría afectar la compatibilidad con el proceso de impregnación y carbonización descrito en la solicitud. Asimismo, la definición de las micro/nanopartículas abarca prácticamente todos los metales y sus compuestos, sin proporcionar soporte experimental que demuestre que cualquiera de estas combinaciones funcione de manera equivalente dentro del proceso descrito en la solicitud. La memoria descriptiva solo proporciona ejemplos con nanopartículas de hematita ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) y óxido de titanio (TiO_2), sin evidencia de que otros metales o sus derivados puedan comportarse de manera similar en el proceso de impregnación y carbonización.

En consecuencia, se mantiene la objeción respecto a la falta de sustento en la descripción, dado que la reivindicación 1 pretende proteger una generalización especulativa no sustentada ni evaluada. En consecuencia, se sugiere restringir la reivindicación 1 a los materiales efectivamente sustentados en la memoria descriptiva, limitando su alcance a las plantillas poliméricas y las micro/nanopartículas evaluadas dentro del proceso (...).

Respuesta 7.

Estamos de acuerdo con lo sugerido por el despacho y se procedió a ajustar el capítulo reivindicatorio. La reivindicación 1 se delimita a óxidos metálicos, tales como óxidos de

Fe y óxidos de Ti. Aunque de acuerdo con las propiedades de este tipo de óxidos metálicos, es posible ampliarla a otros metales de transición como óxidos de Fe, de Cu, Ni o Co, los cuales presentan propiedades funcionales similares a la magnetita y pueden ser compatibles con el material de carbono propuesto en la presente solicitud para la obtención del nanocompuesto. La presente invención se fundamenta para el caso de las nano y micropartículas en sus propiedades fisicoquímicas, las cuales son comunes a los óxidos metálicos, entre las cuales se destacan la presencia de superficies activas oxigenadas, sus propiedades catalíticas o adsorbentes debidas a su estado de oxidación, y su capacidad de interacción electrostáticas o química con otras especies químicas, tales como iones, moléculas o en este caso de matrices poliméricas. En consecuencia, todas estas propiedades son compartidas por otros óxidos metálicos utilizados en aplicaciones similares a la presente solicitud de patente.

Argumentos respecto a nivel inventivo

Observación 8.

El solicitante argumenta que: "(...) D1 describe la incorporación de nanopartículas de dióxido de titanio, usando como precursor n-butóxido de titanio (IV) sobre una plantilla tridimensional carbono haciendo uso de óxido de grafeno como fuente de carbono. El óxido de grafeno es un material que se obtiene a partir de la exfoliación y oxidación del grafito, un material de carbono cristalino, cuyas características químicas, morfológicas y propiedades son distintas a la de un residuo de carbón fósil, como el que se reivindica en la presente solicitud de patente.

Por su parte, la presente solicitud de patente emplea como fuente de carbono diversos derivados como entre otros, el coque, fondos de vacío, asfaltenos, con diferentes fórmulas químicas (CHONS), estructura y tamaño molecular y grado de grafitización diferente al grafeno, contenido de heteroátomos (N,S,O) y metales (Ej. Ni, V). Estos subproductos de refinación difieren fisicoquímicamente del grafeno y sus derivados como el óxido de grafeno, v. gr., el ejemplo 1 del capítulo descriptivo asociado a la presente solicitud de patente) que menciona un compuesto tridimensional obtenido a partir de compuestos derivados de una fracción pesada del petróleo. Esta fracción pesada del petróleo es típicamente un conjunto de moléculas insolubles en un hidrocarburo (por ej.,

n-pentano) que pueden tener tamaños pequeños a tamaños grandes y se rige por una distribución de peso molecular (ver Mullins, O. C. et al. (eds.) (2007) Asphaltenes, Heavy Oils and Petroleomics, Springer, New York). La cristalinidad del grafeno y óxido de grafeno es típica y distinta a la de un asfalteno, como los empleados como fuentes de carbono en la presente solicitud de patente (ver figuras 1 y 2). Esto hace que, desde el punto de vista químico, al aplicar procedimientos de dispersión e impregnación de las plantillas poliméricas, se obtengan resultados diferentes. Como se presenta en las siguientes figuras. (...)”

Esta Oficina aclara que el nivel inventivo se evalúa considerando las características técnicas mencionadas en la reivindicación independiente 1, ya que esta define todas las características esenciales de la invención. En este sentido, se observa que la fuente de carbono no se encuentra incluida en la reivindicación 1, por lo que dicha característica no se compara con el estado de la técnica. No obstante, incluso si se considerara dicha característica, se destaca que el grafeno cumple con la definición de la fuente de carbono establecida en la reivindicación 8, dado que se trata de una red infinita de anillos aromáticos fusionados. En consecuencia, D1 sigue siendo un documento relevante para evaluar el nivel inventivo de la presente solicitud. En este contexto, se enfatiza la importancia de que la reivindicación independiente 1 incluya todas las características esenciales de la invención y que los componentes sean descritos de manera clara y concisa, en concordancia con el sustento técnico proporcionado en la memoria descriptiva, asegurando además que la generalización sea razonable (...)”

Respuesta 8.

Como señala la oficina, si bien el grafeno es una fuente de carbono que sirve como soporte para la incorporación de las nanopartículas, su estructura química como menciona el despacho es diferente a las utilizadas en la presente solicitud. El grafeno formado a partir de la reducción de óxido de grafeno en presencia de un precursor de nanopartículas, presenta una estructura basada esencialmente en carbono, mientras las fuentes utilizadas en la presente solicitud poseen, además de carbono, contenidos de heteroátomos como N, O o S, lo cual requiere tratamientos a mayores temperaturas para lograr la remoción de estos y su carbonización. Además, presentan características

estructurales diferentes. Como menciona el despacho, el grafeno es una red de anillos aromáticos fusionados compuestos por carbono, cristalino, muy hidrofóbico, mientras que el material de carbono propuesto en la presente solicitud es un material amorfo, con mayor reactividad, y que no sólo contienen heteroátomos, sino que también trazas de metales como Ni o V. Adicionalmente a la apreciación sobre los “*anillos aromáticos fusionados infinitos*” la fuente de carbono empleada en la presente solicitud de patente es un continuo de moléculas con anillos finitos amorfos, lo que químicamente significa un comportamiento diferente al grafeno y sus derivados.

Por tanto, las características de las fuentes de carbono se incluyeron en la reivindicación independiente 1, que antes se presentaban en las reivindicaciones dependientes.

Observación 9

El despacho señala que “(...) *Por otro lado, se reitera que D1 divulga la impregnación de una plantilla tridimensional con nanopartículas de óxido de titanio, empleando un precursor de titanio, seguido de un proceso de carbonización. Aunque la fuente de carbono utilizada en D1 es óxido de grafeno en lugar de residuos de petróleo, su función estructural dentro del proceso es equivalente, ya que en ambos casos proporciona una matriz carbonosa tridimensional capaz de soportar las nanopartículas metálicas. Por lo tanto, D1 es pertinente para evaluar el nivel inventivo de la presente solicitud (...)*”

Respuesta 9.

El despacho considera que de acuerdo con D1 el grafeno tiene una función estructural similar o equivalente para permitir la impregnación y soporte de nanopartículas en una plantilla polimérica 3D. No obstante, el grafeno es exclusivamente formado por átomos de carbono, con una estructura bidimensional de átomos de carbono en red hexagonal y altamente ordenada y cristalina, mientras que los asfaltenos o el coque de petróleo – en la presente solicitud de patente – están conformados no sólo por carbono, sino que también por heteroátomos como N, S, O y metales como Ni y V. Además, el grafeno presenta una reactividad química baja y es insoluble, mientras que, por ejemplo, los asfaltenos son solubles en solventes aromáticos y una buena reactividad química con

muchos sitios funcionales que le permiten una mejor interacción con la matriz 3D y las nanopartículas y/o micropartículas.

Por esta razón, existen diferencias conceptuales en el proceso de recubrimiento de ambos tipos de materiales. Cuando se depositan directamente las nanopartículas de TiO_2 (por ej. anatasa) sobre el material de carbono derivado de petróleo (por ej. óxidos de coque o asfaltenos), como es el caso de la presente solicitud de patente, se generan propiedades fotocatalíticas inmediatas, y que dependen de la cantidad anclada, pero que mantiene la estructura cristalina preexistente del TiO_2 . En cambio, cuando se deposita un precursor de TiO_2 , como es el caso de la anterioridad D1, que emplea isopropóxido de titanio, y luego se forman las nanopartículas por sol-gel directamente sobre la superficie del material de carbono (en este caso óxido de grafeno), se obtiene una distribución de nanopartículas diferente, producto de la nucleación y crecimiento de las partículas sobre el material de carbono, esto genera una cobertura diferente de nanopartículas sobre el material de carbono y distintas transferencias de carga en aplicaciones electroquímicas y/i fotocatalíticas. Además, como es necesaria una etapa de calcinación alta ($>400\text{ }^\circ\text{C}$) para la obtención de nanopartículas más uniformes, se reducen los grupos funcionales oxigenados y una fracción del material destruye su estructura laminar.

Observación 10

"(...) El solicitante argumenta que: "Otro aspecto relevante de esta solicitud de patente se relaciona con la formación in situ de las nanopartículas, particularmente las de hierro tipo magnético o Fe_2O_3 . En el ejemplo 1, se menciona que el uso de las nanopartículas de hematita (Fe_2O_3) -material no magnético-, como fuente de nanopartículas que han sido impregnadas sobre la plantilla polimérica en conjunto con la fuente de carbono descrita se transforman efectivamente en nanopartículas magnéticas de tipo (Fe_3O_4) o magnetita. Esto es el resultado de aplicar el procedimiento objeto de la invención de la solicitud de patente, ya que la descomposición térmica de una fuente de carbono no oxidada (una corriente subproducto de petróleo) por ejemplo, un asfalteno, conlleva a la formación de especies como hidrógeno, monóxido de carbono y dióxido de carbono, entre otros hidrocarburos (ver AlHumaidan, F. S., Rana, M. S., Lababidi, H. M., & Hauser,

A. (2020). *Pyrolysis of asphaltenes derived from residual oils and their thermally treated pitch*. ACS omega, 5(38), 24412-24421). Estas especies generadas, por ejemplo, el hidrógeno y el CO constituyen un agente "reductor" que aporta electrones a las nanopartículas oxidadas que contienen hierro Fe^{3+} de la hematita (Fe_2O_3) y sucede un fenómeno de oxidorreducción, en la cual un porcentaje de dichos iones Fe^{3+} , se convierten en Fe^{2+} para formar la magnetita (Fe_3O_4); el cambio de fase hematita a magnetita, se aprecia claramente en el espectro de difracción de rayos X de la figura 2 de la presente solicitud de patente.

Finalmente, en el caso de combinar las tecnologías de las anterioridades D1 y D2, no se lograría efecto mencionado, pues el óxido de grafeno ya es una fuente de carbono altamente oxidada que no tiene capacidad de reducir a otro componente, y simplemente ocurre un anclaje de nanopartículas, tal como lo determinan los autores de dichas anterioridades, llegando a un material distinto al objeto de la invención de la presente solicitud de patente."

Esta Oficina aclara, en primer lugar, que la conversión de hematita en magnetita por reducción térmica en presencia de carbono o gases reductores como CO y H_2 es un proceso ampliamente conocido. La reducción de óxidos de hierro mediante carbono o especies gaseosas generadas térmicamente es un procedimiento común en metalurgia y en la síntesis de nanopartículas (...)"

Respuesta 10.

Si bien el proceso de transformación de hematita en magnetita es conocido en la literatura, reiteramos que la diferencia principal se debe a la composición estructural y funcional del material de carbono donde se anexan las nanopartículas. No existe en el estado del arte, reportes relacionados con un proceso de síntesis simultáneo empleando fuente de carbono derivada de fracciones pesadas del petróleo que causen un efecto químico sobre la reducción del hierro. Si bien estamos de acuerdo con la observación de que la reducción de óxidos de hierro mediante carbono es conocido en metalurgia, se debe aclarar que dichas temperaturas empleadas son altas (las comunes empleadas en siderurgia $>1000\text{ }^{\circ}C$). Como se ejemplifica en la presente solicitud de patente y la

respuesta al primer requerimiento de fondo, a temperaturas bajas se observó la reducción del hierro empleando solo las fuentes de carbono de la presente solicitud de patente y dicho resultado no se encuentra reportado en estado del arte por lo que constituye uno de los elementos a reclamar. Adicionalmente, el óxido de grafeno usado en D1, no permite la reducción de magemita a magnetita por tratamiento térmico. Por esta razón, utilizan Terbutóxido de titanio como precursor de nanopartículas, ya que el proceso térmico no permite su transformación en nanopartículas, sino que este es mediado por un proceso de sol-gel. Por esta razón en D1 debe emplear una mezcla de agua/etanol (*Ver Section: "Preparation of reduced graphene oxide/TiO₂-OA Nanocomposite" en D1*) para favorecer la hidrólisis y posterior formación de nanopartículas de TiO₂. En consecuencia, la formación del nanocompuesto es diferente a la reclamada en la presente solicitud a la descrita en D1.

Observación 11

El despacho señala que "(...) Asimismo, la evaluación del nivel inventivo permite determinar si la solicitud se puede derivar de manera obvia del estado de la técnica. En este contexto, D1, considerado el documento más cercano, divulga un nanocompuesto de rGO/TiO₂-OA anclado sobre una esponja de melamina, demostrando que es posible modificar un material polimérico mediante la impregnación de nanopartículas. Además, enseña que la distribución de estas nanopartículas sobre la superficie de la esponja puede controlarse mediante condiciones de procesamiento térmico (Págs. 2-16). Por su parte, D2 describe espumas híbridas de poliuretano con rellenos carbonáceos, incluyendo grafito y grafeno, que pueden incorporarse en la estructura polimérica mediante impregnación y tratamiento térmico (Pág. 2136). La combinación de D1 y D2 proporciona suficiente enseñanza sobre la incorporación de nanopartículas en matrices poliméricas lo que hace que el material carbonáceo tridimensional con micro/nanopartículas reclamado sea una aplicación previsible de los principios divulgados en dichos documentos y, por lo tanto, carezca de nivel inventivo (...)”

Respuesta 11.

No compartimos la apreciación del despacho, que la combinación de las anterioridades D1 y D2 proporcionan suficiente enseñanza sobre la incorporación de nanopartículas en

matrices poliméricas y que su anclaje al material carbonáceo tridimensional sea una aplicación previsible de lo divulgado en dichos documentos y que como consecuencia carezca de nivel inventivo. Las anterioridades D1 y D2 tienen objetivos técnicos diferentes. Además, si se combinaran no enseñan efectivamente como dispersar o recubrir con nano o micropartículas el material de carbono reclamado en la presente solicitud de patente. Además, reiteramos en que los materiales usados en D1 y D2, es decir, óxido de grafeno, grafito y el grafeno son materiales conformados exclusivamente por carbono, de estructura cristalina y poca reactividad, lo cual, si bien permite el anclaje de las nanopartículas, su interacción es diferente, donde los materiales usados son bastante hidrofóbicos. Por esta razón, en D1 se utiliza ácido oleico para facilitar la dispersión del material una vez formado el nanocompuesto, y en D2 un surfactante aniónico, el dodecilsulfato de sodio (SDS) para poder facilitar su dispersión, interacción y posterior recubrimiento del material polimérico 3D. Por lo tanto, no se consideran en las anterioridades D1 y D2 y su combinación, todas las variables necesarias para trabajar con materiales de carbono tales como los óxidos usados en la presente solicitud de patente, los solventes de dispersión, polaridad del medio de reacción, concentraciones de grupos funcionales, contenido de hidrógeno en el material de carbono, etc.

Observación 12

El despacho argumenta que: "(...) *Por otro lado, aunque D1 y D2 emplean grafeno mientras que la solicitud utiliza residuos carbonosos distintos, se reitera que la patentabilidad de las reivindicaciones dependientes está determinada por la reivindicación independiente. Esta última debe incluir todos los elementos esenciales de la invención, mientras que las dependientes solo añaden particularidades a la misma. En este sentido, si la reivindicación independiente carece de novedad o nivel inventivo, las reivindicaciones dependientes tampoco podrán sostenerse. Por ello, el solicitante debe asegurar que la reivindicación independiente refleje con precisión aquellas características esenciales que definen la naturaleza distintiva del material carbonáceo*

Asimismo, se observa que la falta de concisión y la amplitud excesiva en la definición de los componentes en el memorial reivindicatorio, por ejemplo, la descripción de micro/nanopartículas compuestas de metales en estado de oxidación M^0 (...) y de una

plantilla polimérica con amplios rangos de composición elemental (C: 1.0-99.9%; H: 0.199.9%; N: 0-30%; O: 0-30%; S: 0-30%) abarca una variedad de configuraciones que incluyen materiales ampliamente divulgados en el estado de la técnica. Esta falta de delimitación técnica dificulta establecer una diferencia clara frente al estado de la técnica, ya que la solicitud reivindica un espectro de materiales tan amplio que abarca materiales ya descritos en documentos previos como D1 y D2. En consecuencia, la falta de precisión en la redacción de las reivindicaciones permite que sea afectado el nivel inventivo bajo la pareja documental D1 y D2 (...)"

Respuesta 13.

Compartimos lo señalado por el despacho y se procede a delimitar la reivindicación independiente con base en las apreciaciones de este. Recordando que en la presente solicitud de patente se reclama un material de carbono alternativo no convencional, es decir, un material de carbono derivado de petróleo, el cual se incorpora con nanopartículas para formar un nanocompuesto de carbono, el cual posteriormente recubre una plantilla de polimérica 3D para generar un polímero 3D superhidrofóbico.

Observación 14

El despacho argumenta que: "(...) Adicionalmente, como los autores manifiestan claramente en el resumen en D1 se sintetizan nanopartículas de TiO_2 para incrementar el área superficial del material de melanina obtenido, desarrollando dos tipos de materiales de carbono adsorbentes, uno a 70°C denominado $\text{rGO/TiO}_2\text{-OA@R}$, y otro sometido a un proceso de carbonización a una temperatura de 500°C y denominado $\text{rGO/TiO}_2\text{-OA@C}$. En cambio, en la presente solicitud de patente, se reivindica un material de carbono 3D no sólo a partir de plantillas poliméricas ricas en nitrógeno como la melamina, sino que también de otras plantillas con bajo contenido de nitrógeno o sólo rica en carbono, que pueden servir para ser estructuradas como materiales de carbono 3D. Otro aspecto, es que, en la presente solicitud, las nanopartículas de F_2O_3 transformadas en Fe_3O_4 generan un material de carácter magnético, lo cual no solo facilita el incremento en el área superficial, sino también su recuperación en el proceso de remoción de contaminantes hidrofóbicos y su regeneración por solventes. (...)"

Si bien el solicitante señala diferencias en la fuente de carbono utilizada, se reitera que esta característica no se encuentra en la reivindicación independiente, por lo que no se compara con el estado de la técnica (...)"

Respuesta 14.

Si bien no se señala explícitamente en la reivindicación independiente 1 las características la fuente de carbono, si se reclama en las reivindicaciones dependientes dichas características, las cuales hacen parte del capítulo reivindicatorio. Se procedió ajustar el capítulo reivindicatorio según las recomendaciones del despacho.

Observación 15

El despacho argumenta que: "(...) Por otro lado, D1 enseña el uso de una plantilla polimérica, como la esponja de melamina, para la síntesis de materiales funcionalizados con nanopartículas. Aunque D1 emplea rGO/TiO₂-OA, el principio subyacente de modificar una matriz polimérica mediante impregnación y tratamiento térmico es el mismo. De igual manera, la transformación térmica de Fe₂O₃ en Fe₃O₄ mediante reducción es un procedimiento ampliamente utilizado en la síntesis de nanopartículas magnéticas. Si bien D1 describe TiO₂ como precursor de nanopartículas en lugar de Fe₂O₃, se destaca que la reivindicación 1 de la presente solicitud menciona que el metal puede ser Ti o su óxido metálico, lo cual coincide con lo enseñado en D1. Así, la funcionalización de matrices de carbono con nanopartículas metálicas u óxidos metálicos es un enfoque conocido. Asimismo, el argumento del solicitante sobre la generación de un material magnético para facilitar la recuperación y regeneración del adsorbente no es un efecto técnico inesperado. El uso de nanopartículas magnéticas en materiales adsorbentes es una estrategia común en el diseño de sistemas de separación y purificación, siendo un desarrollo previsible a partir del estado de la técnica (...)"

Respuesta 15.

El recubrimiento de matrices de carbono con nanopartículas u óxidos metálicos es un enfoque conocido en la literatura, sin embargo, características funcionales de los materiales 3D, como la hidrofobicidad o reactividad dada por las nanopartículas son diferentes dependiendo del tipo de nanocompuesto usado para el recubrimiento. Además, aunque la presente solicitud de patente menciona que el metal puede ser Ti o

su óxido, la anterioridad D1 no enseña la misma combinación estructural ni tampoco su dispersión coloidal, por lo tanto, la presente invención resuelve los problemas de dispersión y anclaje químico de un material nanopartículas de TiO_2 sobre materiales de carbono funcionalizados (por ej. óxidos) no usados previamente, lo cual una vez recubren la matriz polimérica 3D, permiten la obtención de materiales compuestos funcionales con actividad fotocatalítica o electroquímica mejorada, diferente a lo señalado por D1.

Además, aunque el uso de nanopartículas magnética (como Fe_3O_4 o $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) sea conocido en otras aplicaciones, la presente invención emplea nanopartículas generadas de una manera diferente a la forma convencional, ya que usa precursores diferentes y un proceso de síntesis diferente al ser integrada de manera específica en soportes carbonosos oxidados originados a partir de fuentes de carbono de refinería.

Observación 16

El despacho argumenta que: "(...) *Por lo tanto, considerando que D1 ya enseña la funcionalización de matrices poliméricas con nanopartículas y que D2 complementa este conocimiento con la enseñanza de estructuras poliméricas con celdas cerradas en un rango de 0.1% a 60% y celdas abiertas en un rango de 50% a 99.9%, la presente solicitud se deriva de manera evidente del estado de la técnica. En consecuencia, se mantiene la objeción por falta de nivel inventivo (...)*"

Respuesta 16.

Como se ha señalado en líneas anteriores, existen diferencias substanciales entre D1 y D2 con la presente solicitud de patente, una de ellas, que reiteramos son las características esenciales del material de carbono usado en la presente solicitud que difieren de un material como el grafeno, óxido de grafeno o grafito usados en D1 y D2; donde estos últimos materiales son hechos exclusivamente de carbono, presentan una estructura laminar y son en general cristalinos y poco reactivos. En cambio, los materiales usados en la presente solicitud de patente son amorfos y alta funcionalidad



química, con características estructurales y fisicoquímica que difieren de estos materiales de carbono, por esta razón, su interacción con polímeros 3D es diferente.

Consideramos que no carece de nivel inventivo la presente solicitud de patente, puesto que las estructuras químicas son diferentes. El grafito o grafeno descritos en D2 poseen baja compatibilidad química con la matriz polimérica, por tanto, su recubrimiento depende esencialmente de la dispersión de estos materiales promovido por surfactantes como el SDS. Por otro lado, la formación de nanopartículas de TiO_2 en D1 en un material como el óxido de grafeno, no depende del tratamiento térmico, sino que es promovido por el etanol y agua en un proceso sol/gel, y el tratamiento térmico genera la formación de grafeno, que posee baja compatibilidad con la matriz polimérica. Por esta razón, utilizan ácido oleico para facilitar la dispersión del nanocompuesto formado para que pueda recubrir el material polimérico 3D de una mejor forma. En cambio, en la presente solicitud de patente, se usan materiales de carbono como por ej. asfaltenos, que poseen grupos funcionales que pueden interactuar con las matrices poliméricas de una mejor forma y que facilitan procesos reductores de metales en los tratamientos térmicos para la formación de nanocompuestos de carbono. En este sentido, la reivindicación 1 queda acotada a dichos materiales de carbono.

Otra diferencia es que es durante la funcionalización de las nanopartículas in situ sobre óxido de grafeno, estas nanopartículas tienden a crecer en forma heterogénea debido a que el proceso de síntesis se lleva a cabo en dos etapas: primero la hidrólisis del precursor, y luego la aglomeración de las nanopartículas sobre una matriz cristalina como es el óxido de grafeno, lo que genera diferencias en los porcentajes de celdas abiertas una vez se recubran con el nanocompuesto formado, debido a la poca reactividad del grafeno formado a partir de la reducción de óxido de grafeno por efecto térmico.

Presentación capítulo reivindicatorio ajustado

Finalmente, nos permitimos indicar que se propone un capítulo reivindicatorio ajustado, que reemplaza al inicialmente presentado en la solicitud de patente original, con el fin de dar mayor claridad a la materia reivindicada e incluir los ajustes solicitados por el Despacho. Es importante anotar que estos ajustes no implican de ninguna manera una ampliación de materia a la contenida en la solicitud originalmente presentada, por consiguiente, son procedentes, de conformidad con lo establecido en el Artículo 34 de la Decisión 486 que indica que *"El solicitante de una patente podrá pedir que se modifique la solicitud en cualquier momento del trámite. La modificación no podrá implicar una ampliación de la protección que correspondería a la divulgación contenida en la solicitud inicial Del mismo modo, se podrá pedir la corrección de cualquier error material"*.

Conforme a los argumentos y modificaciones presentados en este escrito, la solicitud de patente cumple con los requerimientos exigidos por la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina y, considerando que se dio respuesta a las objeciones del oficio número **3484**, atentamente solicito continuar con el trámite de esta solicitud y se proceda al otorgamiento de la patente de invención a la tecnología objeto de esta.

Atentamente,

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Luz Mara Herrera Herrera".

LUZ MARA HERRERA HERRERA

C.C. 52.049.364 de Bogotá

T.P. 148094 del C. S. de la J.

Anexos:

- Capítulo Reivindicatorio ajustado
- Capítulo descriptivo ajustado.