



Bogotá D.C., 27 de febrero de 2026

Doctora

SANDRA ISABEL CALDERÓN RODRÍGUEZ

Directora División de Nuevas Creaciones

Superintendencia de Industria y Comercio

E. S. D.

Referencia: Expediente No **NC2021/0017701**

Asunto: Respuesta al requerimiento de fondo expedido dentro de la solicitud de patente titulada: *"NANOCOMPOSITOS MAGNÉTICOS HÍBRIDOS DE HIERRO Y CARBONO Y SU MÉTODO DE PREPARACIÓN"*- **Oficio N° 21588 de 3 de diciembre 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 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"*, los *cuales* 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.

El despacho indica que: "(...)"

- *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. En consecuencia, se sugiere modificar dichas reivindicaciones para definir las etapas que caracterizan el procedimiento. Además de definir el proceso en las primeras reivindicaciones y luego definir el nanocomposito como dependiente del método, teniendo en cuenta que es el proceso el que le da las características a dicho material.*
- *La reivindicación 9 no es concisa porque las definiciones de "agentes coagulantes", "surfactantes catiónicos, aniónicos, neutros", y "polímeros" comprenden un número muy extenso de alternativas, lo que impide establecer claramente el alcance de la protección. Se sugiere agrupar dichas alternativas teniendo en cuenta que exista una razonable generalización y que cada una de dichas alternativas tenga soporte en la descripción.*



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

Respuesta 1.

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

“(…)

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 (NC2025/0015611 del 10 de noviembre del 2025) refiere a: “Un nanocomposito magnético 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 nanocomposito magnético 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)	Nanopartículas de Fe3O4/Coque (Página 255, columna 1)



Un núcleo de óxido de hierro (II) y hierro (III) del tipo Fe ₃ O ₄ (Magnetita)	donde el núcleo de dichas nanopartículas contiene Fe, Co, Ni o sus aleaciones. (Reivindicación 8)	Fe ₃ O ₄ NPs (nanopartículas) (Página 255, columna 1)
Una capa de carbono de tipo coque generada de un proceso de formación carbotérmico te coque.	nanopartículas con un recubrimiento de carbono. (Resumen)	Una capa de coque (Página 256, columna 1)
Unas nanopartículas de óxido de hierro de tamaños 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 usadas en este proceso tienen un diámetro en su centro de 101000 nm (...)	Nanopartículas de Fe ₃ O ₄ de 32 y 27 nm (Página 256, columna 2) Nanopartículas de Fe ₃ O ₄ de 90 nm (...)
	(Página 6)	(Página 256, columna 1)
Una proporción entre la fuente de carbono y los precursores de hierro entre 60:1 y 1:60, respectivamente.	---	Relación de Coque/Fe ₃ O ₄ 0.6-1.2 (Página 257, columna 2)

(...)”

Observación 2.

El despacho señala que “(...) D2 (Sic) 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 en el tamaño de las nanopartículas preparadas por este método tienen un tamaño en el centro de 10-1000 nm. (Página 6). 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 2, columna 1, materiales)



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 que la proporción entre la fuente de carbono y los precursores de hierro esté entre 60:1 y 1:60 respectivamente.

No hay evidencia de que el incluir específicamente el carbono tipo coque como el recubrimiento de las nanopartículas y que la proporción entre la fuente de carbono y los precursores de hierro es de 60:1 y 1:60 proporcione un compuesto con algún efecto técnico diferente al que ya proporcionaba el objeto de D2, puesto que nanopartículas con núcleo 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 en nanopartículas con núcleos metálicos y una relación de carbono y precursores de hierro de 60:1 y 1:60 ya está divulgado en D4 que se refiere a un compuesto de Fe_3O_4 /Coque usando coque para soportar nanopartículas magnéticas de Fe_3O_4 , que tiene una relación Coque/ Fe_3O_4 de 0.6 (Resumen).

En consecuencia, la persona normalmente versada en la materia estaría motivada a incluir el carbono tipo coque como recubrimiento de nanopartículas con núcleos metálicos y la relación de este carbono tipo coque con el Fe_3O_4 del D4 (Sic) en el producto de D2, para así llegar al objeto de la reivindicación 1. Por lo cual se considera obvia.

Adicionalmente, D2 (Sic) menciona que el núcleo de las nanopartículas contiene Fe, Co, Ni o sus aleaciones. (Reivindicación 8)

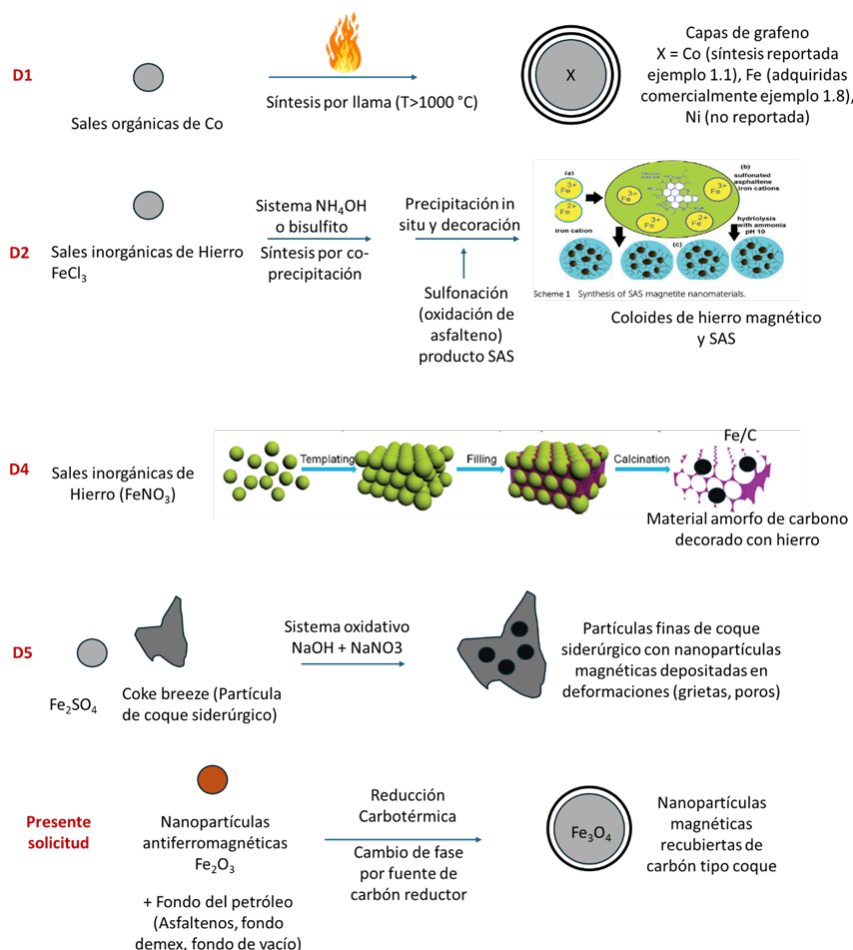


Las reivindicaciones dependientes 2 a 4 no mencionan alguna característica que, junto con las características de la reivindicación independiente, aporte nivel inventivo al producto de la reivindicación 1, por lo cual se considera que carece de nivel inventivo (...)"

Respuesta 2.

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 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:



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.

“(…)

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 5 (NC2025/0015611 del 10 de noviembre del 2025) 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	D1	D5
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)	Un método para sintetizar nanocompositos de Fe/C (Página 2420, columna 2)
Preparación de las nanopartículas o precursores de hierro.	Los reactivos usados para preparar magnetita están basados en cloruro férrico hexahidratado, sulfato de sodio, yoduro de potasio, hidróxido de amonio. (Página 2, columna 1, materiales)	precursor Fe(NO3)3 (Página 2420, columna 2)
Preparación de la fuente de carbono.	El asfalteno fue precipitado del crudo pesado (...) y se usó ácido sulfúrico como su agente de sulfonación (SAS) (Página 2, columna 1, materiales)	---



Proceso de mezclado de las nanopartículas de hierro tipo hematita o precursores de hierro con la fuente de carbono tipo asfalteno mediante la molienda mecánica, en un molino de bolsas.	El procedimiento para recubrir la magnetita con SAS sigue: $FeCl_3$ se disolvió en agua destilada y se añadió una solución acuosa de Na_2SO_3 . La disolución de amoníaco a la mezcla de reacción (...) (Página 2, columna 1)	---
Proceso de tratamiento térmico 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)	---	Las microesferas de PS (poliestireno monodispersado) fueron removidas por calcinación a 600°C por 7 horas en una atmósfera de argón. (Página 2421, columna 2)

(...)”

Observación 3.

El despacho señala que “(...) D1(Sic) es considerado como el estado de la técnica más cercano a la invención definida en la reivindicación 1, ya que se refiere al uso de asfalteno como agente de recubrimiento de magnetita para la obtención de nanomateriales magnéticos para aplicaciones ambientales (Resumen). El objetivo se dirige a separar el asfalteno del petróleo crudo pesado y modificar su estructura química con el fin de aplicarlo como agente de recubrimiento para nanopartículas magnéticas. (Página 1, columna 2)

La diferencia entre la invención definida entre la reivindicación 1 y el producto divulgado en D1(Sic), 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 producto con algún efecto técnico diferente al que ya proporcionaba el objeto de D1, puesto que un método para la preparación de nanomateriales magnéticos con un núcleo metálico ya había sido previsto en dicho documento (Resumen).

Respuesta 3.

Previo a dar respuesta 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 asfaltenos 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 asfalteno 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.

En la respuesta al requerimiento anterior se argumentó en detalles estas diferencias [2].

Observación 4.

El despacho señala que “(...) Por lo tanto, el problema técnico objetivo que pretende resolver esta invención se puede formular así: ¿Cómo modificar el producto conocido en D1(Sic) 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 D5(Sic), 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).



En consecuencia, la persona normalmente versada en la materia estaría motivada a incluir la etapa del procesamiento térmico en atmósfera inerte del D5 en el método de D1, 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 4.

Previo a dar respuesta 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 asfaltenos sulfonados como el reportado en D2, a la temperatura descrita en el método de D4, conllevaría a una degradación de dicho 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 asfaltano 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 asfaltano sulfonado SAS se disuelve en Etanol, lo que indica que su estructura es altamente polar y oxidada, ya que un asfaltano per se no es soluble en etanol. Luego el asfaltano 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.

8. Respuesta a los argumentos del solicitante

Argumentos referentes a la claridad de las reivindicaciones

Observación 5.

“(…) El solicitante menciona que “Se aceptan las anteriores recomendaciones del despacho y por tanto, realizamos los siguientes ajustes:

- Las definiciones -capa nanoestructurada de carbono, asfáltenos, fondos de vacío, fondos de viscorreducción, carbón mineral o aromático, precursores de hierro, la fracción insoluble en n-alcano, 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.”*

Esta oficina informa que las modificaciones realizadas en el capítulo reivindicatorio (Radicado No. NC2025/0015611 del 10 de noviembre del 2025) son aceptadas pero que persisten las objeciones de claridad a este, puesto que se encuentra que el método para la preparación del nanocomposito sigue siendo definido por término no concisos como «agentes coagulantes », « surfactantes catiónicos, aniónicos, neutros », « polímeros » y además el método de la reivindicación 5 sigue sin ser definido adecuadamente pues no se especifica la preparación de las nanopartículas o precursoras de hierro ni la preparación de la fuente de carbono (...)”

Respuesta 5.

Se procede a realizar los ajustes necesarios conforme lo sugerido por el despacho.

“(…)

Argumentos referentes al nivel inventivo

El solicitante menciona 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
<i>Tipo de material</i>	<i>Nanopartícula de hierro magnética recubierta por capas de carbón coquizado</i>	<i>Nanopartícula de hierro funcionalizadas con asfaltenos sulfonados</i>
<i>Tipo de precursor</i>	<i>Asfaltenos, fondos demex, fondos de viscorreducción y sus análogos oxidados</i>	<i>Asfaltenos sulfonados</i>
<i>Método de síntesis</i>	<i>Reducción carbotérmica y coquización superficial >300°C</i>	<i>Co-precipitación a partir de sales hierro II y III a 50°C en fase líquida</i>
<i>Dimensión de la capa de recubrimiento</i>	<i>Entre 5 y 10 nm</i>	<i>No reportada</i>
<i>Tipo de precursor de hierro</i>	<i>Nanopartículas antiferromagnéticas o sales antiferromagnéticas de hierro</i>	<i>Nanopartículas magnéticas</i>
<i>Tipo de recubrimiento</i>	<i>Estructuras de carbón tipo coque obtenidas in situ sobre la nanopartícula durante el tratamiento térmico</i>	<i>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."</i>

Esta oficina informa que dada las modificaciones al capítulo reivindicatorio del radicado NC2025/0015611 y a los argumentos del solicitante, el examen de nivel inventivo para la nueva reivindicación 5 se realizó con los documentos D1(Sic) y D5(Sic) (...)"

**Observación 6.**

El despacho indica que “(...) para el análisis del nivel inventivo se sigue el método problema solución. La primera etapa consistió en determinar el estado de la técnica más cercana el cual es D1(Sic) ya que divulga el utilizar un asfalteno como agente de recubrimiento de magnetita para la obtención de nanomateriales magnéticos para aplicaciones ambientales (Resumen). El objetivo se dirige a separar el asfalteno del petróleo crudo pesado y modificar su estructura química con el fin de aplicarlo como agente de recubrimiento para nanopartículas magnéticas. (Página 1, columna 2) La segunda etapa consistió en determinar la diferencia de la solicitud frente al estado de la técnica más cercano la cual es que el método de preparación del nanocomposito magnético, incluye un mezclado que se realiza por molienda mecánica cuando los componentes de dicha mezcla son sólidos. Esta mezcla puede llevarse a cabo por un sistema de martillos, de mortero, mezclado por contacto, en lecho fluido, extrusión, molino convencional, y molino de bolas; además de la etapa de un 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 horno estático equipado con la corriente de gas tipo nitrógeno a un flujo comprendido entre 0.01 y 10 L/min. Luego, la tercera etapa donde se define el efecto técnico solo asociado a la diferencia no se encontró evidencia de que incluir 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 horno estático equipado con la corriente de gas tipo nitrógeno a un flujo comprendido entre 0.01 y 10 L/min proporcione una composición con algún efecto técnico diferente al que ya proporcionaba el objeto de D1(Sic). Entonces, en la cuarta etapa de deducción del problema técnico objetivo se formuló así: ¿Cómo modificar el producto conocido en D1(Sic) con el fin de proporcionar otro método alternativo?

Finalmente se evaluó si esta modificación habría sido obvia para la persona versada en la materia donde en el estado de la técnica se encontró un documento D5(Sic) 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).

Teniendo en cuenta lo anterior, D1(Sic) al ser el estado de la técnica más cercano, ya anticipa un método para usar carbono como recubrimiento de magnetita para formar nanomateriales magnéticos (Resumen) y D5(Sic) se refiere a un proceso de tratamiento térmico en atmósfera inerte (Página 2421, columna 2).

Por último, como se mencionó anteriormente, se sugiere que el nanocomposito sea dependiente del método (...)"

Respuesta 6.

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.

Observación 7.

« Reiteramos que en los ejemplos y procedimiento descritos para llegar a la invención reclamada por la presente solicitud, se deben realizar de manera consecutiva los pasos mencionados para que exista la reducción carbotérmica y formación de las capas de carbono sobre la nanopartícula (figura 2, inferior), de esta manera se logra el efecto esperado, pero todos los pasos desde la preparación del material de hierro, la adecuación de la fuente de carbono, el proceso mecánico y el tratamiento térmico, deben respetar la secuencia para obtener el efecto técnico y dicho procedimiento no es similar al de las anterioridades D2 y D3 como el despacho considera. D2 consiste en una adecuación química de asfaltenos para promover la “afinidad química” hacia nanopartículas magnéticas per se (no formadas in situ), si no formadas en solución y D3 es una formación solvotérmica de nanopartículas antiferromagnéticas de hematita Fe_2O_3 , que en un método alternativo se realiza en fase sólida.»

Esta información informa que, como se mencionó anteriormente, el examen de nivel inventivo se realizó con los documentos D1(Sic) y D5(Sic), el documento D1(Sic) describe un método para usar asfalteno como recubrimiento de magnetita para formar nanomateriales magnéticos como una secuencia lógica de etapas, donde la única etapa que no menciona es el tratamiento térmico en



atmósfera inerte, sin embargo, D5(Sic) enseña que las microesferas de poliestireno monodispersado se someten a un tratamiento térmico a 600°C en una atmósfera de argón. (Página 2421, columna 2).

Respuesta 7.

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.

Observación 8.

« Hay una imprecisión técnica en la asimilación que hace el despacho de las fuentes de las anterioridades D1 y D2 con la fuente utilizada en la presente invención, puesto que aquellas constituyen en D1 estructuras de tipo grafeno y en D2 asfalteno modificado químicamente como recubrimiento, que no son asimilables a la fuente de la presente invención la cual es carbón tipo coque, si bien incluye el asfalteno como uno de los posibles precursores, esto no es suficiente para hacer dicha asimilación sobre el objeto de la reivindicación 1, que es el efecto técnico de aplicar el proceso reivindicado, pues las etapas que se usan para llegar al resultado final son, como ya se dijo,



indispensables y además diferentes a las de las anterioridades. Aplicar dichas etapas a las anterioridades y viceversa, aplicar las etapas de las anterioridades a la presente invención no nos llevaría a obtener el producto reivindicado. »

Esta oficina informa que, respecto al nivel inventivo del composito, D4(Slic) anticipa el coque como la fuente de carbono del nanocomposito (Página 256, columna 1) y D1(Slic) enseña que la fuente es un asfalteno.

Respuesta 8.

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 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).

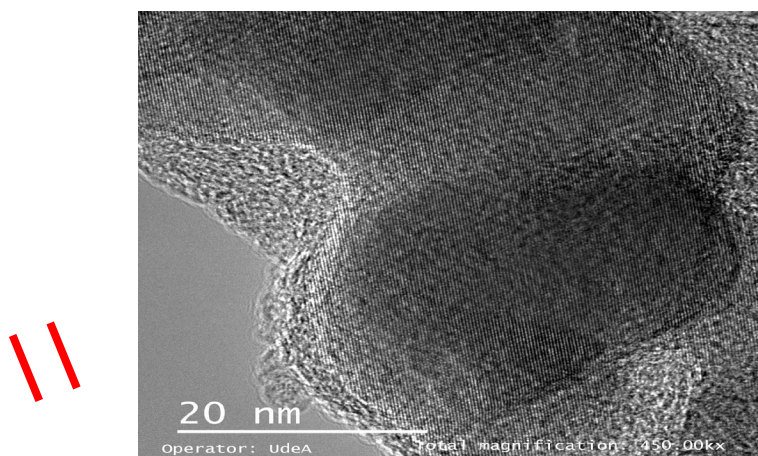


Figura 1. Nanopartícula magnética recubierta de carbono tipo coque a partir de asfalteno como fuente de carbono.

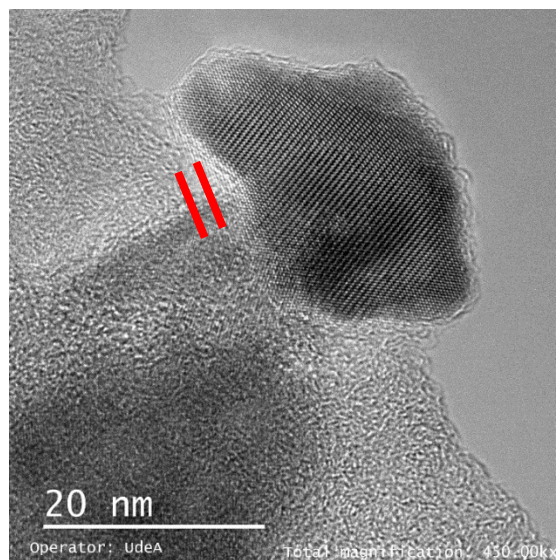


Figura 2. Nanopartícula magnética recubierta de carbono tipo coque obtenida a partir de fondo demex como fuente de carbono.

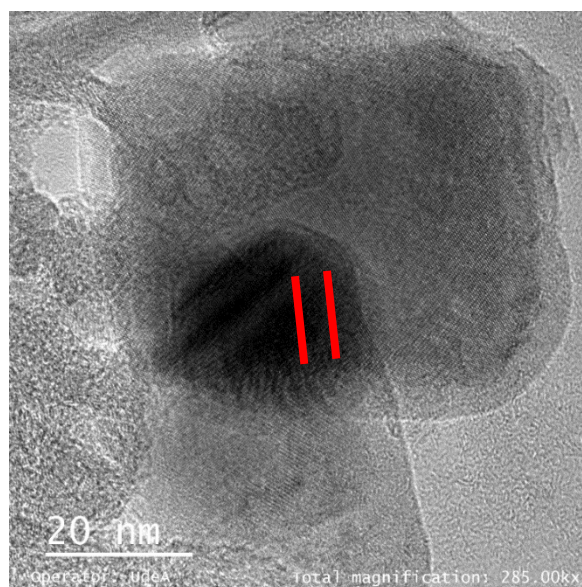


Figura 3. Nanopartícula magnética recubierta de carbón tipo coque obtenida a partir de un fondo de vacío como fuente de carbono.

Observación 9.

« De nuevo el despacho cita apartes de la anterioridad D2 señalándolas como de D1 tanto en la tabla comparativa como en las observaciones, error que se verifica revisando los documentos. Esto dificulta la comprensión del alcance de la observación, no obstante, entendemos que, para el despacho la presente solicitud de patente es el resultado de sumar D1 y D2, lo cual no es correcto, pues nuestra reivindicación principal hace referencia al producto obtenido al aplicar el proceso de reducción y recubrimiento carbotérmico, por lo cual los puntos c y d de la reivindicación independiente 1, hacen referencia a las características del material mencionados en los puntos a y b de la reivindicación 1. Material que, como ya se ha mencionado, es diferente a lo que enseñan las anterioridades D1 y D2. Siguiendo su argumentación, el despacho menciona que incluir los tamaños de 10 a 1000 nm ya está reportado en D2; si bien esta anterioridad menciona los rangos de tamaños, dichos rangos son previsibles en la generación de nanomateriales y por ende son objeto de protección de cada material reivindicado; sin embargo, lo que se debe tener en cuenta es el material



completo reivindicado y no simplemente los rangos de tamaño que pueden coincidir con otros materiales protegidos, por tanto, se reitera al despacho que los materiales reportados en D1 y D2 son distintos a los reportados en la presente solicitud de patente y, de ninguna manera usar en el material de D1 los rangos de tamaño presentados en D2 daría como resultado el producto que estamos reivindicando en la presente solicitud de patente. »

Esta oficina informa que, en la reivindicación principal, se reclama un nanocomposito, que el solicitante en su argumento define el nanocomposito bajo su proceso de obtención, lo cuál no es correcto, pues el nanocomposito debe definirse con las características estructurales esenciales. Por ello, para el análisis del nivel inventivo, se utilizaron los documentos D2 y D4 y no D1 y D2 como previamente se hizo, y son estos documentos los que anticipan la materia reclamada en la reivindicación 1, pues otra cosa es el método reclamado en la reivindicación 5, que como se mencionó anteriormente, se afecta con los documentos D1(SIC) y D5(SIC).

Respuesta 9.

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 argumentos 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 asfalteno 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.

Observación 10



“Adicionalmente el despacho menciona que “En consecuencia, la persona normalmente versada en la materia estaría motivada a incluir el tamaño de las nanopartículas de 10 a 1000 nm del D2(Sic) en el producto de D1, para así llegar al objeto de la reivindicación 1. Por lo cual se considera obvia.” Lo cual carece de sentido técnico, ya que infiere que el solo hecho de incluir nanopartículas con un tamaño definido en D1, alcanza el objeto de la reivindicación 1 de la presente solicitud de patente, afirmación que, como ya hemos mencionado, es errónea, puesto que en la presente solicitud de patente se señala a lo largo de la descripción, ejemplos y capítulo reivindicatorio que las nanopartículas se magnetizan y recubren durante el proceso carbotérmico reivindicado y no se obtienen previamente como lo presume el despacho.”

Esta oficina informa que, los documentos que estudian el nivel inventivo del nanocomposito son los documento D2(Sic y D4(Sic), D2 divulga nanopartículas altamente magnéticas y metálicas con un recubrimiento de carbono (resumen), donde el núcleo de dichas nanopartículas contiene Fe, Co, Ni o sus aleaciones y que además, las nanopartículas tienen un recubrimiento de carbono (resumen) y que además tienen un diámetro de 10 a 1000 nm (Página 6). Y D4 enseña nanopartículas de Fe₃O₄/coque (Página 255, columna 1) y la relación de Coque/Fe₃O₄ es de 0.6-1.2 (Página 257, columna 2), por lo que D2 y D4 anticipan la totalidad de las características del nanocomposito de la presente solicitud (...)”

Respuesta 10.

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, asfaltenos) 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.

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 del asunto, 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,

DocuSigned by:

D5444148A3FF48F...

LUZ MARA HERRERA HERRERA

C.C. 52.049.364 de Bogotá

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

Anexo:

- *Capítulo Reivindicatorio ajustado*