

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 595 937**

21 Número de solicitud: 201500441

51 Int. Cl.:

B01J 23/63 (2006.01)

B01J 23/38 (2006.01)

B01J 23/72 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación:

02.06.2015

43 Fecha de publicación de la solicitud:

03.01.2017

Fecha de concesión:

04.10.2017

45 Fecha de publicación de la concesión:

11.10.2017

56 Se remite a la solicitud internacional:

PCT/ES2016/070412

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD DE SEVILLA (83.0%)
Po. de las Delicias s/n - Pabellón de Brasil
41013 Sevilla (Sevilla) ES y
CONSEJO SUPERIOR INVESTIGACIONES
CIENTIFICAS (17.0%)**

72 Inventor/es:

**ODRIOZOLA GORDON, Jose Antonio;
LYUBOMIROVA IVANOVA, Svetlana;
ROMERO SARRIA , Francisca ;
GARCÍA MONCADA , Nuria ;
GONZÁLEZ CASTAÑO , Miriam y
CENTENO GALLEGO, Miguel Ángel**

54 Título: **Complejo catalítico conformado por la mezcla de catalizador y conductor iónico**

57 Resumen:

Complejo catalítico conformado por la mezcla de catalizador y conductor iónico.
La invención describe un complejo catalítico formado por la mezcla física de un catalizador y un conductor iónico, y su uso en la conversión de monóxido de carbono en hidrógeno, a través de la reacción de desplazamiento del gas de agua. El objeto de la presente invención es el desarrollo de sistemas más eficientes tanto en actividad como en estabilidad para la conversión de monóxido de carbono en hidrógeno a través de la reacción de desplazamiento del gas de agua o "water gas shift" mediante la generación de un sistema compuesto por un catalizador en íntimo contacto físico con un conductor iónico.

ES 2 595 937 B1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP 11/1986.

DESCRIPCIÓN

Complejo catalítico conformado por la mezcla de catalizador y conductor iónico

5 OBJETO DE LA INVENCION

La presente invención describe un complejo catalítico formado por la mezcla física de un catalizador y un conductor iónico, y su uso en la conversión de monóxido de carbono en hidrógeno, a través de la reacción de desplazamiento del gas de agua.

10

El objeto de la presente invención es el desarrollo de sistemas más eficientes tanto en actividad como en estabilidad para la conversión de monóxido de carbono en hidrógeno a través de la reacción de desplazamiento del gas de agua o "water gas shift" mediante la generación de un sistema compuesto por un catalizador en íntimo contacto físico con un conductor iónico.

15

ANTECEDENTES EN EL ESTADO DE LA TÉCNICA

La previsible crisis del actual modelo económico basado principalmente en los combustibles fósiles, así como los severos problemas medioambientales que conlleva, ha dinamizado que el desarrollo de alternativas energéticas eficientes y sostenibles se convierta en una de las principales preocupaciones medioambientales a nivel mundial. Así, entre las distintas alternativas energéticas que se están desarrollando, el vector energético del H₂ se ha presentado como la tecnología más prometedora. Sin embargo, el H₂ como modelo energético presenta todavía ciertos inconvenientes especialmente de cara a su implantación en dispositivos reales.

20

25

30

Dado que el H₂ no se encuentra como tal en la naturaleza, el H₂ tiene que ser generado. Existen distintos procesos químicos a través de los cuales se podría generar el H₂ entre las que cabría destacar los procesos de reformado. Aun así, existen otros métodos de generación de H₂ como por ejemplo, la pirólisis o la gasificación de la materia orgánica. Independientemente del método empleado, se genera una corriente en la que el H₂ viene acompañado por otras especies entre

las que cabe destacar el CO. Dicha molécula supone un problema para los dispositivos que aprovechan dicha energía para la generación eléctrica. Tales dispositivos se conocen como pilas o celdas de combustibles y son capaces de transformar en energía eléctrica la energía química del H₂. Las celdas de combustibles de intercambio protónico (PEMFC) se han descrito como las más eficientes siendo capaces de operar a bajas temperaturas, en torno a los 90°C. Estas celdas están constituidas por un ánodo principalmente basado en Pt que, a las temperaturas a las que trabaja, es envenado al contacto con el CO. Por lo tanto y con el objetivo de aumentar el tiempo de vida útil de estos dispositivos, el CO que acompaña al H₂ una vez producido ha de ser eliminado.

El proceso de desplazamiento por vapor de agua (del inglés Water Gas Shift – WGS) es un equilibrio exotérmico en el que el monóxido de carbono reacciona con el agua para dar dióxido de carbono e hidrógeno. De esta manera, la reacción de WGS presenta la ventaja de incrementar el rendimiento hacia H₂ a la par que disminuye la concentración de CO. La reacción de WGS es conocida desde 1780 y ha sido ampliamente usada en procesos industriales como la síntesis del amoníaco y la generación del gas de síntesis. En procesos industriales la reacción de WGS se lleva a cabo en dos unidades diferenciadas colocadas en serie siendo conocidas como WGS de alta y de baja temperatura. La WGS de alta temperatura (HT-WGS, High Temperature WGS) se realiza en torno a los 400°C y emplea catalizadores principalmente basados en óxidos de hierro y óxidos de cromo. A continuación, la unidad de baja temperatura de WGS opera en torno a los 200°C y consigue disminuir las concentraciones de CO hasta niveles aceptables según los requerimientos establecidos por las celdas de combustibles PEM. Los catalizadores típicamente empleados a baja temperatura están basados en óxidos de cobre y de zinc.

Sin embargo, el modelo industrialmente empleado presenta importantes desventajas a la hora de implementarlo en dispositivos portátiles. Por ejemplo, los catalizadores basados en cobre son pirofóricos en contacto con oxígeno y operan a bajas velocidades espaciales. Esto implicaría unos estrictos requerimientos en cuanto a seguridad y elevados volúmenes de reactor dificultando su implementación.

En estos últimos años, el interés en la búsqueda de catalizadores que permitan implantar la tecnología del H_2 y sustituir al modelo energético de los combustibles fósiles ha crecido drásticamente. Para ello sería necesario, a través de la intensificación de procesos, lograr la adecuación de la corriente de H_2 en una sola
5 unidad de WGS que podría operar a temperaturas intermedias.

Los catalizadores basados en metales nobles como oro, paladio y platino han sido ampliamente descritos como promisorios especialmente, cuando se soportan sobre óxidos reducibles de alta superficie. En este tipo de reacciones, la correcta elección tanto de la fase activa como del soporte es primordial a la hora de conseguir
10 catalizadores altamente activos.

El cobre empleado como metal noble en catalizadores presenta excelentes ventajas entre las que destacan su económico precio y la elevada actividad que presenta a bajas temperaturas. Actualmente de hecho, se pretenden formulaciones basadas en cobre que inhiban su carácter pirofórico.

El oro ha demostrado ser altamente activo y estable para la reacción de WGS. Es bien conocido que estos catalizadores correctamente preparados son activos, para numerosas reacciones catalíticas, a bajas temperaturas. Esto ha conllevado el enorme interés generado por estos sistemas catalíticos lo cual se ha visto reflejado en el extenso número de artículos publicados durante los últimos años.

El platino se ha descrito en la literatura como el metal noble más activo para la reacción de WGS siendo capaz de mantener elevadas conversiones en presencia de hidrógeno y dióxido de carbono incluso a elevadas velocidades espaciales. La actividad de este metal noble depende también del tamaño de partícula que presente en el catalizador. Su mayor actividad específica para esta reacción parece estar relacionada con la capacidad de disociación de la molécula de agua. Distintos mecanismos han sido propuestos para la reacción de WGS: el mecanismo redox y el mecanismo asociativo. Independientemente, del mecanismo a través del que proceda la reacción la disociación del H_2O es un paso lento de la reacción. Por lo tanto, la capacidad de disociar la molécula de agua del platino conlleva a los
20
25
30 excelentes comportamientos catalíticos propios de este metal haciéndolo altamente interesante para reacciones catalíticas.

Sin embargo, la WGS presenta como característica los elevados tiempos de contacto necesarios para alcanzar conversiones aceptables. Así, mejoras en cuanto a la capacidad de los catalizadores para trabajar a mayores velocidades espaciales son necesarias. La disminución de los volúmenes de reactor necesarios, a través de catalizadores más eficientes y estables, favorecería su aplicabilidad a dispositivos móviles.

Entre las patentes relacionadas con el objeto de la presente invención cabe destacar:

- 10 - A. Hagemeyer *et al.* (*Platinum-alkali/alkaline-earth catalyst formulations for hydrogen generation*, US 2004/0184986 A1, Sep. 23, 2004) constituyen un catalizador basado en platino como metal noble e incorporan un alcalino o alcalino-térreo y un metal de transición o de tierras raras consiguiendo sistemas que trabajen en amplios intervalos de temperaturas evitando reacciones secundarias indeseadas.
- 15
- D. B. Rogers *et al.* (*Water Gas Shift catalyst on a lanthanum-doped anatase titanium dioxide support for fuel cells application*, US 2005/0119119 A1, June 2, 2005) donde dopan el catalizador con lantano obteniendo catalizadores tres veces más estables.
- 20
- L. D. Bertrand *et al.* (*Catalizadores para conversión de monóxido de carbono en hidrogeno y su uso en el proceso catalítico de enriquecimiento en hidrógeno de una corriente de gas que puede alimentar una pila de combustible*, ES 2.279.691 Agosto 16, 2007) sintetizan un catalizador constituido por tres fases (un sustrato de alta movilidad, un agente promotor y una fase activa) obteniendo conversiones total a 250°C. Sin embargo, no se puede dilucidar el motivo.
- 25
- O. M. Ilinich *et al.* (*Precious metal Water-Gas Shift catalyst with oxide support modified with rare earth elements*, US 2010/0113261 A1, May 6, 2010) empleando un soporte modificado con tierras raras incrementa la actividad y la estabilidad del catalizador.
- 30

- E. D. Wachsman *et al.* (*Proton conducting membranes for hydrogen production and separation*, US 2015/0028259 A1, Jan. 29, 2015) crean un sistema para WGS basado en una membrana recubierta por una perovskita de intercambio protónico constituida por zirconio, cerio y europio.
- 5 - R. Fischer *et al.* (WO2011023368) refiere una composición catalítica para reacciones WGS que incluye además del componente activo un líquido iónico soportado en un sólido inorgánico, un polímero o un material híbrido orgánico inorgánico y un activador que incluye sales iónicas de los iones alcalinos, alcalino-térreos o lantánidos

10

EXPLICACIÓN DE LA INVENCION

Constituye el objeto de la presente invención un complejo catalítico conformado por la mezcla de catalizador y conductor iónico, caracterizado por conformarse a partir de la mezcla física de un catalizador y un conductor iónico.

15

El catalizador, se conforma por una fase activa metálica perteneciente al grupo X o del grupo XI, soportado sobre una mezcla de óxidos inorgánicos que se seleccionan entre óxidos basados en tierras raras, alúmina, sílice, óxido de hierro, óxido de cinc, óxido de zirconio, óxido de titanio o combinaciones de ellos..

20

En un modo particular de realización, la fase activa metálica se selecciona entre Pt, Au o Cu.

El conductor iónico se conforma mediante óxidos mixtos de tierras raras combinados con metales de transición. En un modo particular de realización, el conductor iónico se selecciona entre óxidos mixtos de Nb y Eu, molibdato de Eu y óxido mixto de Zr y Eu.

25

En una primera realización preferente de la presente invención, el complejo catalítico comprende un catalizador de platino soportado sobre alúmina y óxido de cerio y un conductor iónico siendo la relación másica del catalizador:conductor iónico de 1:2.

30

En una segunda realización preferente de la presente invención, el complejo catalítico comprende un catalizador de oro soportado sobre alúmina y un óxido mixto de cerio y hierro y un conductor iónico siendo la relación másica del catalizador:conductor iónico de 1:2.

En una tercera realización preferente, el complejo catalítico comprende un catalizador de cobre soportado sobre alúmina y óxido de cinc y un conductor iónico siendo la relación másica del catalizador:conductor iónico de 1:2.

5 Numerosos estudios han determinado que en la reacción de WGS, la disociación del agua así como la difusión a través del sólido de las especies formadas son etapas limitantes de la velocidad de reacción. Por lo tanto, a través de la mejora de estos procesos se logran comportamientos catalíticos más eficientes.

La incorporación de un conductor iónico al catalizador incrementa sustancialmente

10 la capacidad de difusión de las especies activadas intermedias procedentes de la disociación del agua. Luego a modo de conclusión, todos los sistemas catalíticos bicomponentes presentan comportamientos mejorados respecto a sus correspondientes catalizadores iniciales, quedando demostrado el efecto beneficioso obtenido con la presencia de un conductor iónico.

15

DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con unos ejemplos preferentes de realización práctica de la misma, se acompaña como parte

20 integrante de esta descripción, un juego de figuras en las que, con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

Figura 1.-Difractograma de rayos X correspondiente al catalizador del ejemplo 1.

Figura 2.- Difractograma de rayos X correspondiente al catalizador del ejemplo 2.

Figura 3.- Difractograma de rayos X correspondiente al catalizador del ejemplo 3.

25 Figura 4.- Difractograma de rayos X correspondiente al conductor iónico A del ejemplo 4.

Figura 5.- Difractograma de rayos X correspondiente al conductor iónico B del ejemplo 5.

30 Figura 6.- Difractograma de rayos X correspondiente al conductor iónico C del ejemplo 6.

EJEMPLO DE REALIZACIÓN DE LA INVENCION

Se han ensayado distintas combinaciones de catalizador y conductor iónico en los ejemplos que se incluyen a continuación, demostrando que con la presencia de

dichos conductores iónicos se obtenían mayores conversiones de CO, en todos los casos y con independencia de la fase activa.

Ejemplo 1

5 El catalizador 1 está compuesto por un soporte y por Pt como fase activa. El platino se deposita por impregnación húmeda sobre un soporte comercial constituido por óxido de cerio y alúmina con una relación másica 20:80 (Puralox SCFa-160/Ce20, Sasol). Se toma como precursor una solución de nitrato de tetraamino platino (II). El exceso de agua se elimina en rotavapor. El sólido resultante se seca durante
10 24h a 120°C y posteriormente, se calcina a 350°C durante 8h con una rampa de 10°C/min. El contenido en peso obtenido de platino puede variar entre el 0,1 y el 10%. En este ejemplo el contenido en peso de platino es del 2%.

Ejemplo 2

15 El catalizador 2 está constituido por un soporte y una fase activa basada en Au. La síntesis del soporte se realizó mediante impregnación húmeda. Los precursores de nitratos de cerio y hierro se impregnaron sobre una alúmina de alta superficie. El sólido obtenido se seca a 120°C durante 24h y se calcina a 450°C durante 4h con una rampa de calentamiento de 10°C/min. La composición química del soporte
20 puede variar entre 10-30% en peso de óxido mixto $Ce_{0.8}Fe_{0.2}O_2$ y de 90-70% en peso de Al_2O_3 . La proporción de CeO_2 and Fe_2O_3 en el óxido mixto varía entre 50-90 mol.% de CeO_2 y de 10-50 mol. % de Fe_2O_3 .
El oro se deposita por el método de de precipitación por depósito con carbonato sódico usando $HAuCl_4$ como precursor de oro. El sólido resultante se seca durante
25 24h a 120°C y posteriormente, se calcina a 350°C durante 8h con una rampa de 10°C/min. El contenido en peso obtenido de oro puede variar entre 0.1- 5% siendo este ejemplo del 2%.

Ejemplo 3

30 El catalizador 3 está constituido por Cu como fase activa y óxidos de zinc y alúmina. La relación molar Cu/Zn es de 2.8. La síntesis se realizó por coprecipitación a baja sobresaturación. $Cu(NO_3)_2 \cdot 2H_2O$, $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ y $Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ fueron usados como precursores. El pH durante la síntesis fue mantenido constante en torno a 8 mediante la adición lenta y controladamente de

una disolución acuosa de carbonato sódico 1M. La precipitación de hidróxidos se mantiene durante 48h. Posteriormente, se filtra y se seca a temperatura por debajo de los 100°C durante 48h. La calcinación se realiza a 300°C durante 4h usando una rampa de calentamiento de 10°C/min. La relación molar Cu/Zn en estos sistemas puede oscilar entre 1 - 7 mientras que la relación molar (Cu+Zn)/Al varía entre 1 - 5.

Ejemplo 4

El conductor A está basado en óxidos mixtos de Nb y Eu. Los precursores empleados son el NbCl₅ y Eu(NO₃)₃·5H₂O. El método de síntesis fue por coprecipitación a temperatura ambiente mediante la adición de amoníaco. Se deja agitando durante 12h a temperatura ambiente, se filtra, se lava y se calcina a 800°C durante 1h con una rampa de 10°C/min. El porcentaje en peso de europio puede variar entre 10 y 50 %.

Ejemplo 5

El conductor B consiste en un molibdato de europio. Los precursores empleados en la síntesis son (NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O y Eu(NO₃)₃·5H₂O. El método de síntesis empleado fue coprecipitación a temperatura ambiente mediante la adición de amoníaco. Se deja agitando durante 1,5h a temperatura ambiente, se filtra, se lava y se calcina a 500°C durante 5h con una rampa de 10°C/min. La proporción de europio en estos sólidos presenta valores entre 10 y 50% en peso.

Ejemplo 6

El conductor C consiste en un óxido mixto de Zr y Eu. Los precursores empleados en la síntesis son ZrN₂O₇·xH₂O y Eu(NO₃)₃·5H₂O. La solución sólida se obtiene mediante coprecipitación debido a la adición de NH₃ a temperatura ambiente. Se deja agitando durante 1,5h, se filtra, se lava y se calcina a 500°C durante 5h con una rampa de 10°C/min. La proporción molar del óxido de europio en el sólido mixto varía entre 5 - 20 %.

Ejemplo 7

La actividad catalítica del catalizador basado en Pt se mide empleando un volumen de lecho de 1cm³ compuesto por 0,5 cm³ de complejo catalítico y 0,5cm³ de cuarzo

como diluyente, tamizado entre 600-800 μm . A su vez, el complejo catalítico está constituido por una mezcla física de un catalizador de platino y los conductores iónicos A, B o C descritos en los ejemplos 1, 4, 5 y 6, respectivamente, la relación másica, catalizador : conductor iónico es 1:2.

5 En este ejemplo, se toma un catalizador Pt(2%)/CeO₂(18%)/Al₂O₃(80%) mezclado con los conductores de óxidos mixtos de Nb y Eu con un 50% en peso de Eu (conductor A), de Mo y Eu con un 39% en peso de Eu (conductor B) y de Zr y Eu con un 5 % molar de Eu₂O₃ (conductor C).

10 Antes de la reacción, el catalizador se activa en una corriente H₂ al 10% durante 30min. La corriente de alimentación se compone por: 4.5% CO, 30% H₂O y balanceado en N₂. La "Weight Hour Space Velocity" (WHSV) empleada fue 1250 L·h⁻¹·g_{Pt}⁻¹. Los datos obtenidos de conversión en función de la temperatura quedan reflejados en la Tabla1.

15 Tabla 1.- Conversión de CO en función de la temperatura.

T (°C)	Conversión CO (%)				
	Catalizador 1	Catalizador 1 + Conductor A	Catalizador 1 + Conductor B	Catalizador 1 + Conductor C	
180	2,62	3,96	3,63	6,49	
200	12,07	11,49	10,89	11,92	
230	38,03	71,68	70,77	82,47	
250	88,33	98,61	99,19	99,79	
25	280	99,6	99,8	99,6	99,79
310	99,8	99,8	99,6	99,79	
330	99,6	99,6	99,6	99,58	
350	99,6	99,6	99,4	99,58	

30

Ejemplo 8

La actividad catalítica del catalizador basado en Au se mide empleando un volumen de lecho de 1cm³ compuesto por 0.5 cm³ de complejo catalítico y 0.5 cm³ de cuarzo como diluyente, tamizado entre 600-800 μm . A su vez, el complejo catalítico está

constituido por una mezcla física de un catalizador de oro y un conductor iónico A, B o C descritos en los ejemplos 2, 4, 5 y 6, respectivamente, en proporción másica, catalizador:conductor iónico igual a 1:2. En este ejemplo, se toma un catalizador Au(2%)/Ce_{0.8}Fe_{0.2}O₂(18%)/Al₂O₃(80%) mezclado con los conductores de óxidos mixtos de Nb y Eu con un 50% en peso de Eu (conductor A), de Mo y Eu con un 39% en peso de Eu (conductor B) y de Zr y Eu con un 5 % molar de Eu₂O₃ (conductor C).

La corriente de alimentación se compone por: 4.5% CO, 30% H₂O y balanceado en N₂. La WHSV empleada fue 1250 L·h⁻¹·g_{Au}⁻¹. Los datos obtenidos de conversión en función de la temperatura quedan reflejados en la Tabla 2.

Tabla 2.- Conversión de CO en función de la temperatura.

T (°C)	Conversión CO (%)			
	Catalizador 2	Catalizador 2 + Conductor A	Catalizador 2 + Conductor B	Catalizador 2 + Conductor C
250	12,63	14,73	13,76	17,92
280	20,37	21,81	24,23	27,09
310	32,38	32,61	35,11	36,01
330	38,29	37,72	40,66	44,6
350	46,84	44,79	48,87	49,49

Ejemplo 9

La actividad catalítica del catalizador basado en Cu se mide empleando un volumen de lecho de 1cm³ compuesto por 0,5 cm³ de complejo catalítico y 0,5cm³ de cuarzo como diluyente, tamizado entre 600-800 μm. A su vez, el complejo catalítico está constituido por una mezcla física de un catalizador de cobre y un conductor iónico A, B o C descritos en los ejemplos 3, 4, 5 y 6, respectivamente, en proporción másica, catalizador:conductor iónico, 1:2. En este ejemplo, se toma un catalizador CuO/ZnO/Al₂O₃ (17 : 48 : 35 % en peso) mezclado con los conductores de óxidos mixtos de Nb y Eu con un 50% en peso de Eu (conductor A), de Mo y Eu con un 39% en peso de Eu (conductor B) y de Zr y Eu con un 5 % molar de Eu₂O₃ (conductor C).

Antes de la reacción, el catalizador se activa en una corriente H₂ al 10% durante 30min. La corriente de alimentación se compone por: 4.5% CO, 30% H₂O y balanceado en N₂. La WHSV empleada fue 180 L·h⁻¹·g_{Cu}⁻¹. Los datos obtenidos de conversión en función de la temperatura quedan reflejados en la Tabla 3.

Tabla3: Conversión de CO en función de la temperatura.

T (°C)	Conversión CO (%)			
	Catalizador 3	Catalizador 3 + Conductor A	Catalizador 3 + Conductor B	Catalizador 3 + Conductor C
180	10,91	14,68	25,98	28,08
200	22,82	28,17	40,04	49,23
230	44,84	47,22	72,46	76,35
250	54,56	72,26	82,23	85,58
280	78,37	92,26	93,55	96,73
310	91,27	98,41	98,24	99,04
330	94,44	98,61	99,02	99,42
350	96,83	99,2	99,22	99,42

REIVINDICACIONES

- 5 1. Complejo catalítico conformado por la mezcla de catalizador y conductor iónico, caracterizado por conformarse a partir de la mezcla física de un catalizador y un conductor iónico.
- 10 2. Complejo catalítico para la conversión de monóxido de carbono en hidrógeno a través de la reacción de desplazamiento del gas de agua, según reivindicación 1, caracterizado por que el catalizador, se conforma por una fase activa metálica perteneciente al grupo X o del grupo XI, soportado sobre una mezcla de óxidos inorgánicos que se seleccionan entre óxidos basados en tierras raras, alúmina, sílice, óxido de hierro, óxido de cinc, óxido de zirconio, óxido de titanio o combinaciones de ellos.
- 15 3. Complejo catalítico para la conversión de monóxido de carbono en hidrógeno a través de la reacción de desplazamiento del gas de agua, según la reivindicación 2, caracterizado porque la fase activa metálica se selecciona entre Pt, Au o Cu.
- 20 4. Complejo catalítico para la conversión de monóxido de carbono en hidrógeno a través de la reacción de desplazamiento del gas de agua, según las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que el conductor iónico se conforma mediante óxidos mixtos de tierras raras combinados con metales de transición.
- 25 5. Complejo catalítico par la conversión de monóxido de carbono en hidrógeno a través de la reacción de desplazamiento del gas de agua según la reivindicación 4, caracterizada porque el conductor iónico se selecciona entre óxidos mixtos de Nb y Eu, molibdato de Eu y óxido mixto de Zr y Eu.
- 30 6. Complejo catalítico para la conversión de monóxido de carbono en hidrógeno a través de la reacción de desplazamiento de gas de agua según las reivindicaciones 1 a 5, donde el complejo catalítico comprende un catalizador de

platino soportado sobre alúmina y óxido de cerio y un conductor iónico siendo la relación másica del catalizador:conductor iónico de 1:2.

- 5
7. Complejo catalítico para la conversión de monóxido de carbono en hidrógeno a través de la reacción de desplazamiento de gas de agua según las reivindicaciones 1 a 5, donde el complejo catalítico comprende un catalizador de oro soportado sobre alúmina y un óxido mixto de cerio y hierro y un conductor iónico siendo la relación másica del catalizador:conductor iónico de 1:2.
- 10
8. Complejo catalítico para la conversión de monóxido de carbono en hidrógeno a través de la reacción de desplazamiento de gas de agua según las reivindicaciones 1 a 5, donde el complejo catalítico comprende un catalizador de cobre soportado sobre alúmina y óxido de cinc y un conductor iónico siendo la relación másica del catalizador:conductor iónico de 1:2.

15

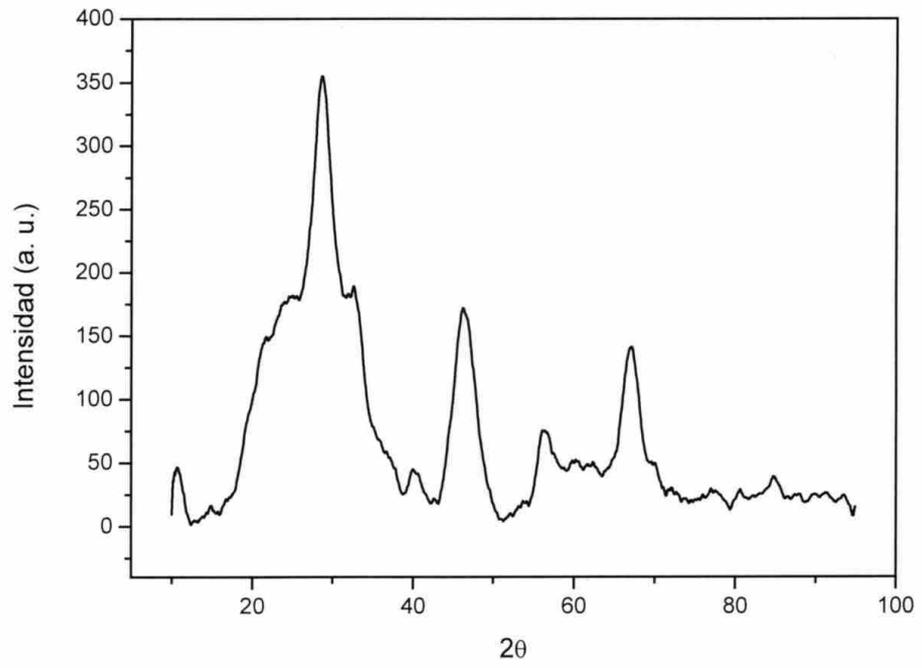


Figura 1

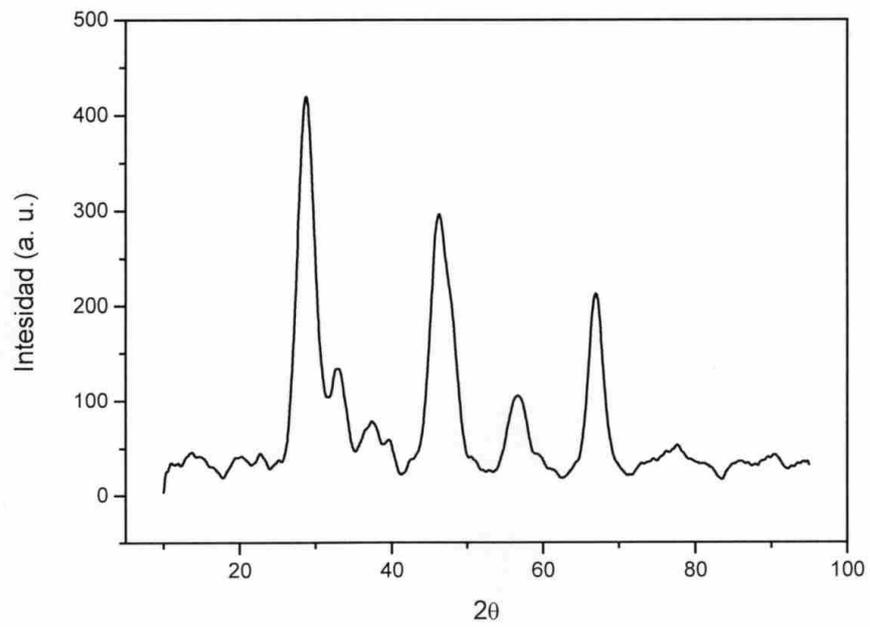


Figura 2

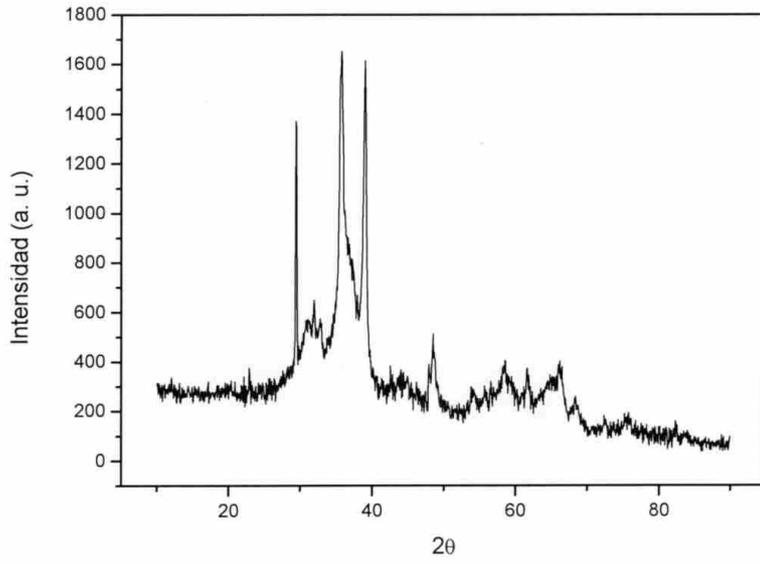


Figura 3

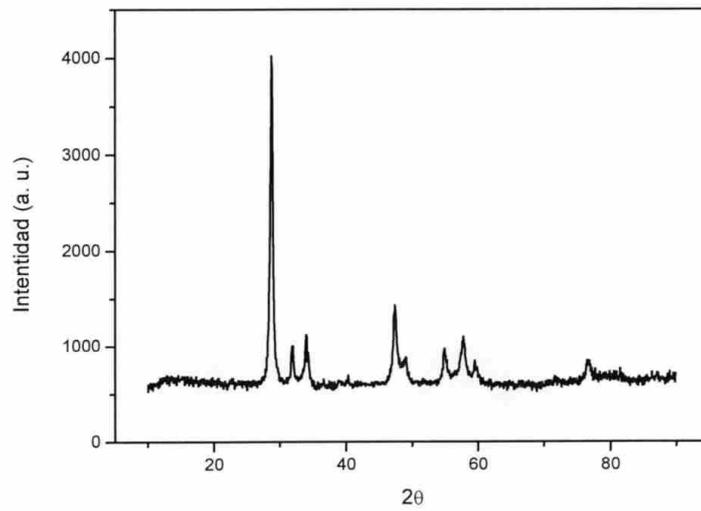


Figura 4

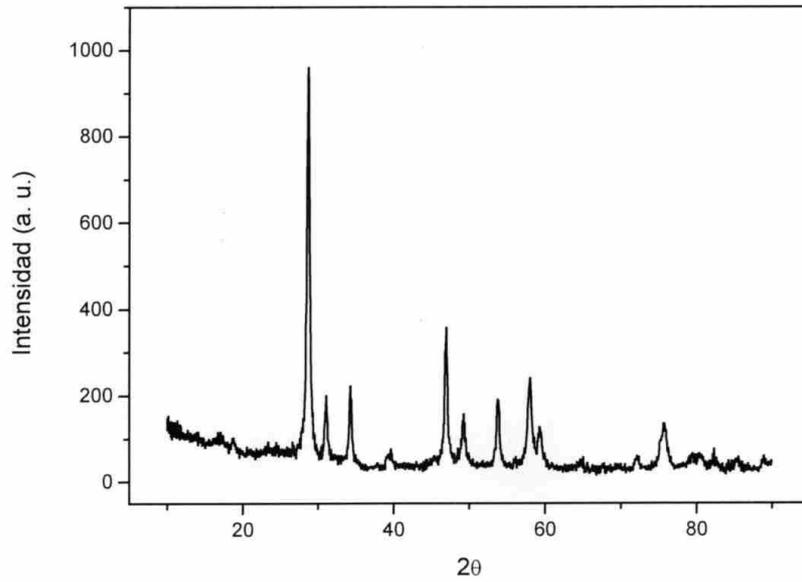


Figura 5

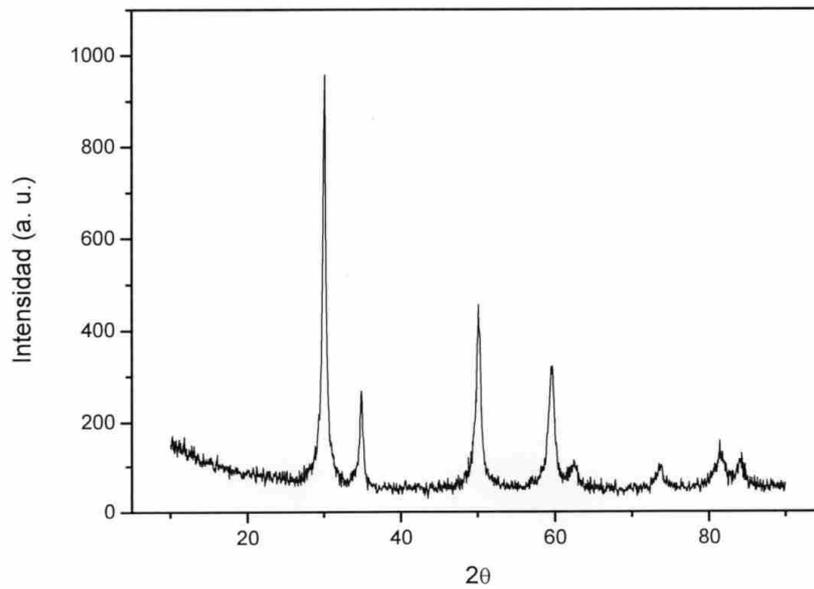


Figura 6