

REIVINDICACIONES

1. Un método para producir a partir de etanol un combustible para motores seleccionado de gasolina, queroseno y diésel, caracterizado porque comprende las siguientes etapas interconectadas:

- 5 paso 1.1 convertir una mezcla de etanol y agua en:
- isopropanol y alcoholes C_5 ;
 - acetaldehído;
 - una mezcla de parafinas C_1 - C_4 y olefinas C_2 - C_4 ;
 - una mezcla de dióxido de carbono e hidrógeno;
- 10 paso 1.2 convertir la mezcla de dióxido de carbono e hidrógeno, obtenida en el paso 1.1, hidrógeno adicional y una mezcla de parafinas C_1 - C_4 en gas de síntesis;
- paso 1.3 convertir etanol y alcoholes C_3 - C_8 , incluidos los alcoholes C_5 obtenidos del paso 1.1, en:
- olefinas C_2 - C_8 , incluyendo etileno y propileno;
- 15 paso 1.4 convertir una mezcla de etanol sin reaccionar del paso 1.1, isopropanol obtenido en el paso 1.1, etileno obtenido en el paso 1.3, usando una reacción de telomerización en butanol secundario y alcoholes C_5 - C_8 terciarios, los alcoholes C_5 y C_7 terciarios siendo obtenidos a partir del isopropanol, y los alcoholes C_6 y C_8 terciarios siendo obtenidos a partir del etanol, en donde el butanol secundario resultante se dirige al paso 1.3;
- 20 paso 1.5 convertir los alcoholes terciarios C_5 - C_8 , obtenidos en el paso 1.4, mediante deshidratación en olefinas C_5 - C_8 ;
- paso 1.6 convertir una primera porción de las olefinas C_5 - C_8 , obtenidas en el paso 1.5, mediante oligomerización en olefinas C_{10} - C_{24} ;
- paso 1.7 convertir las olefinas C_{10} - C_{24} , obtenidas en el paso 1.6, mediante
- 25 hidrogenación usando hidrógeno obtenido del paso 1.1, en parafinas C_{10} - C_{24} ;
- paso 1.8 convertir el gas de síntesis, obtenido en el paso 1.2, el etileno obtenido en el

paso 1.3, el propileno obtenido en el paso 1.3 y el acetaldehído, obtenido en el paso 1.1, mediante hidroformilación y condensación aldólica en una mezcla de aldehídos C₃-C₄ y aldoles C₅-C₈, dicha mezcla de aldehídos C₃-C₄ y aldoles C₅-C₈ se hidrogena posteriormente para obtener alcoholes C₃-C₈, cuyos alcoholes se dirigen al paso 1.3 para obtener olefinas C₃-C₈, en donde el acetaldehído produce alcohol C₅, el etileno del paso 1.3 produce alcoholes C₃ y C₆, y el propileno del paso 1.3 produce alcoholes C₄ y C₈; y en donde el etileno y el propileno del paso 1.3 producen alcohol C₇;

paso 1.9 convertir las olefinas C₂-C₈ del paso 1.3, mediante oligomerización en olefinas C₆-C₂₄;

10 paso 1.10 convertir las olefinas C₆-C₂₄, obtenidas en el paso 1.9, e hidrógeno, mediante hidrogenación en parafinas C₆-C₂₄;

paso 1.11 convertir olefinas C₂-C₅ sin reaccionar del paso 1.9, y la mezcla de olefinas C₂-C₄ y parafinas C₁-C₄, obtenida en el paso 1.1, mediante aromatización en hidrocarburos aromáticos C₇-C₁₂, hidrógeno y una mezcla de parafinas C₁-C₄, en donde una primera porción del hidrógeno producido se dirige al paso 1.10, y la segunda porción restante del hidrógeno producido y la mezcla de parafinas C₁-C₄ se dirigen al paso 1.2;

paso 1.12 convertir la segunda porción restante de la mezcla de olefinas C₅-C₈, obtenidas en el paso 1.5, y una porción de alcoholes C₂-C₈ del paso 1.3, en éteres C₇-C₁₆; y,

paso 1.13 convertir las parafinas C₁₀-C₂₄, obtenidas en el paso 1.7, y las parafinas C₆-C₂₄, obtenidas en el paso 1.10, en gasolina C₆-C₁₀, queroseno C₁₁-C₁₈ y fracciones diésel C₁₉-C₂₄ de un combustible para motores; convertir los hidrocarburos aromáticos C₇-C₁₂, obtenidos en el paso 1.11, en gasolina C₇-C₈ y fracciones de queroseno C₉-C₁₂ de un combustible para motores; y convertir los éteres C₇-C₁₆, obtenidos en el paso 1.12, en gasolina C₇-C₁₀ y fracciones diésel C₁₁-C₁₆ de un combustible para motores, y también mezclar fracciones seleccionadas de los mismos, en un combustible para motores seleccionado de gasolina, queroseno y diésel.

2. El método para producir combustible para motores a partir de etanol de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque, en el paso 1.1, una mezcla de etanol y agua que tiene un contenido de agua dentro del 25 % -35 % del volumen total de la mezcla, se pone en contacto, a una presión de 0,5-1,5 MPa y una temperatura de 500-515 °C, con un catalizador heterogéneo que consiste en los siguientes óxidos metálicos: ZnO 60-63 % en

masa, CeO_2 1-6 % en masa, MgO 12-18 % en masa; y Al_2O_3 13-23 % en masa, con las proporciones calculadas en términos de óxido metálico, en donde la mezcla de etanol y agua se suministra al catalizador a una velocidad espacial de $0,5\text{-}0,9\text{ h}^{-1}$ produciendo así acetona; la acetona resultante se aísla de la mezcla de reacción y se hidrogena a una temperatura de 100-150°C y una presión de 0,5-0,9 MPa en presencia de un catalizador que consiste en CuO y Cr_2O_3 en una proporción molar de 1:1, por hidrógeno obtenido de la mezcla de etanol y agua, dando así como resultado el isopropanol.

3. El método para producir combustible de motor a partir de etanol de conformidad con la reivindicación 2, caracterizado porque, en el paso 1.4, el isopropanol reacciona en presencia de peróxido de ditertamilo a una presión de $P = 1,0\text{-}5,0\text{ MPa}$ y una temperatura de 100-130 °C con el etileno y, por lo tanto, se convierte en los alcoholes C_5 y C_7 terciarios.

4. El método para producir combustible de motor a partir de etanol de conformidad con la reivindicación 2, caracterizado porque, en el paso 1.4, el etanol sin reaccionar del paso 1.1 reacciona en presencia de peróxido de di-terc-butilo o peróxido de di-terc-amilo a una presión de $P = 1,0\text{-}5,0\text{ MPa}$ y a una temperatura de 100-130 °C con el etileno para obtener sec-butanol, que luego se hace reaccionar con etileno y se convierte en los alcoholes C_6 y C_8 terciarios.

5. El método para producir combustible de motor a partir de etanol de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque, en el paso 1.8, el etileno o propileno se convierte en la hidroformilación en presencia de un catalizador Rh soluble en agua, con una concentración de metal en relación con la fase acuosa de 30 ppm a 50 ppm, a una temperatura de 70-90 °C y una presión de $P=1,0\text{-}5,0\text{ MPa}$ en propanal o n-butanal e isobutanal, a partir de entonces una mezcla de propanal, n-butanal y acetaldehído, obtenida en el paso 1.1, se convierte mediante condensación de aldol cruzado en presencia de un catalizador heterogéneo que contiene al menos 93 % de zeolita ZSM-5 modificada por 3,5-7,0 % de Zn , o un catalizador granular que contiene al menos 95 % de zeolita ZSM-5 modificada por 3,5-5,0 % de Zn y 0,1-1,5 % de Ce en una mezcla de aldehídos $\text{C}_3\text{-C}_4$ y aldoles $\text{C}_5\text{-C}_8$, a partir de entonces la mezcla de aldehídos $\text{C}_3\text{-C}_4$ y aldoles $\text{C}_5\text{-C}_8$ se hidrogena en presencia de catalizador heterogéneo que consiste en NiO , CuO y Cr_2O_3 en una proporción molar de 1:1:1, a una temperatura de 150-200 °C y una presión de $P=4,5\text{-}5,0\text{ MPa}$, para obtener la mezcla de alcoholes $\text{C}_3\text{-C}_8$.

6. El método para producir combustible para motores a partir de etanol de conformidad con la reivindicación 5, caracterizado porque las sales de sodio del ácido trifenilfosfina-sulfónico, es decir: de la sal de sodio del ácido trifenilfosfina-3-sulfónico a la sal trisódica del

ácido trifenilfosfina-3,3',3''-trisulfónico en una proporción en peso (10-30):1 a Rh metálico se usan como ligando en el paso 1.8 en la hidroformilación del etileno o propileno para obtener el catalizador soluble en agua.

5 7. El método para producir combustible de motor a partir de etanol de conformidad con la reivindicación 6, caracterizado porque, para aumentar la tasa de reacción y el rendimiento de isobutanol en el paso 1.8, la hidroformilación de propileno mediante gas de síntesis se lleva a cabo en presencia de un catalizador Rh soluble en agua preparado de acuerdo con la reivindicación 6; se agregan alcoholes C₂-C₃ a dicho catalizador en una proporción de volumen H₂O:(C₂-C₃) = (0.95-0.65):(0.05-0.35), mientras que la proporción de butanal e isobutanol
10 obtenida en el medio de reacción está en el intervalo (n-C₄H₈O):(iso-C₄H₈O) = (2-3):1.

8. El método para producir combustible de motor a partir de etanol de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque, en el paso 1.8, el etileno o propileno se convierte en la reacción de hidroformilación en presencia de un catalizador de Co soluble en agua, con una concentración de Co metálico en relación con la fase acuosa de 0,1 % a 1,0 %, a una
15 temperatura de 120-140°C y una presión de P=2.0-5.0 MPa, en propanal, 2-metilpentenal y 2-metilpentanal o en n-butanal, 2-etilhexenal, 2-etilhexanal e isobutanol, y posteriormente la mezcla de C₃-C₄ aldehídos y C₆-C₈ aldóles están en presencia de un catalizador heterogéneo que consiste en NiO, CuO y Cr₂O₃ en una proporción molar de 1:1:1, a una temperatura de 150-200°C y una presión de P = 4,5-5,0 MPa hidrogenados para obtener la mezcla de
20 alcoholes C₃-C₈.

9. El método para producir combustible de motor a partir de etanol de conformidad con la reivindicación 8, caracterizado porque, en el paso 1.8, se utilizan sales de sodio de ácido trifenilfosfina-sulfónico, es decir: de sal de sodio de ácido trifenilfosfina-3-sulfónico a sal trisódica de ácido trifenilfosfina-3,3',3''-trisulfónico como ligando en una proporción en peso
25 (1-30):1 a Co metálico en la hidroformilación de etileno o propileno para obtener el catalizador de Co soluble en agua.

10. El método para producir combustible de motor a partir de etanol de conformidad con la reivindicación 9, caracterizado porque, para aumentar la tasa de reacción y el rendimiento de isobutanol en el paso 1.8, en la hidroformilación de propileno se agregan
30 alcoholes C₂-C₃ al catalizador en una proporción de volumen H₂O:(C₂-C₃) = (0,95- 0,5):(0,05- 0,5), donde la proporción de butanal e isobutanol obtenida en el medio de reacción está en el intervalo de (n-C₄H₈O):(iso-C₄H₈O) = (2-3):1.

11. El método para producir combustible de motor a partir de etanol de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque, en el paso 1.9, las olefinas C_2-C_8 se oligomerizan en presencia de un catalizador heterogéneo que contiene al menos 93 % de zeolita ZSM-5 modificada por 3,5 –7,0 % Zn, o un catalizador heterogéneo que contiene al menos 95 % de zeolita ZSM-5 modificada por 3,5-5,0 % Zn y 0,1-1,5 % Ce a una temperatura de 250-350°C y una presión de $P=4,5-5,0$ MPa para obtener las olefinas C_6-C_{24} , en donde las olefinas C_2-C_5 sin reaccionar se separan por rectificación de las olefinas C_6-C_{24} y se dirigen al paso 1.11;

en donde, en el paso 1.10, la hidrogenación de las olefinas C_6-C_{24} se lleva a cabo en presencia de un catalizador heterogéneo que consiste en NiO, CuO y Cr_2O_3 en una proporción molar de 1:1:1, a una temperatura de 150-200 °C y una presión de $P = 4,5-5,0$ MPa para obtener las parafinas C_6-C_{24} ; y

en donde, en el paso 1.13, las parafinas C_6-C_{24} se rectifican para aislar la fracción de gasolina de parafina C_6-C_{10} , la fracción de queroseno de parafina $C_{11}-C_{18}$ y la fracción de diésel de parafina $C_{19}-C_{24}$ de un combustible para motores.

12. El método para producir combustible de motor a partir de etanol de conformidad con la reivindicación 11, caracterizado porque, en el paso 1.11, las olefinas C_2-C_5 sin reaccionar se aromatizan juntas en una mezcla con olefinas C_2-C_4 y parafinas C_1-C_4 , en presencia de un catalizador heterogéneo que contiene al menos 93 % de zeolita ZSM-5 modificada por 3,5-7,0 % de Zn a una temperatura de 350-450°C y una presión de $P = 0,5-2,0$ MPa para producir los compuestos aromáticos C_7-C_{12} , y,

en donde, en el paso 1.13, los compuestos aromáticos C_7-C_{12} se rectifican para aislar la fracción de gasolina del compuesto aromático C_7-C_8 , y la fracción de queroseno del compuesto aromático C_9-C_{12} de un combustible para motores.

13. El método para producir combustible de motor a partir de etanol de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque, en el paso 1.6, las olefinas C_5-C_8 se oligomerizan usando una resina de intercambio iónico en forma de un intercambiador catiónico, preferiblemente Amberlite 15, como catalizador, a una temperatura de 70-120 °C y una presión $P = 1,0-2,0$ MPa, y,

en donde, en el paso 1.7, las olefinas $C_{10}-C_{24}$ se hidrogenan en presencia de un catalizador heterogéneo que consiste en NiO, CuO y Cr_2O_3 en una proporción molar de 1:1:1

a una temperatura de 150-200 °C y presión $P = 4,5-5,0$ MPa para obtener la mezcla de parafinas $C_{10}-C_{24}$, y,

5 en donde, en el paso 1.13, las parafinas $C_{10}-C_{24}$ se rectifican para aislar la fracción de queroseno de parafina $C_{11}-C_{18}$ y la fracción de diésel de parafina $C_{19}-C_{24}$ de un combustible para motores, en donde las parafinas C_{10} restantes se mezclan con la fracción de gasolina de parafina C_6-C_{10} de un combustible para motores, obtenida en el paso 1.13 por rectificación de las parafinas C_6-C_{24} .

10 **14.** El método para producir combustible de motor a partir de etanol de conformidad con la reivindicación 13, caracterizado porque, en el paso 1.12, la eterificación se lleva a cabo en una mezcla de las olefinas C_5-C_8 y el alcohol C_2-C_8 usando como catalizador una resina de intercambio iónico en forma de un intercambiador catiónico, preferentemente Amberlite 15, a una temperatura de 70-120 °C y presión $P = 1,5-2,0$ MPa, para producir los éteres C_7-C_{16} , y,

15 en donde, en el paso 1.13, los éteres C_7-C_{16} obtenidos, se rectifican para aislar una fracción de éter C_7-C_9 para producir gasolina, y una fracción de éter $C_{10}-C_{16}$ para producir diésel.

20 **15.** El método para producir combustible de motor a partir de etanol de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque, en el paso 1.13, para obtener queroseno que cumpla completamente con los requisitos del estándar Jet A-1 actual, se aíslan parafinas $C_{11}-C_{18}$ de la mezcla de parafinas C_6-C_{24} obtenida del paso 1.10, se aíslan parafinas $C_{11}-C_{18}$ de la mezcla de parafinas $C_{10}-C_{24}$ obtenidas en el paso 1.7, y se aíslan hidrocarburos aromáticos C_9-C_{12} , de la mezcla de hidrocarburos aromáticos C_7-C_{12} obtenida en el paso 1.11, y las parafinas $C_{11}-C_{18}$ aisladas y los hidrocarburos aromáticos C_9-C_{12} se mezclan de modo que la concentración de hidrocarburos aromáticos C_9-C_{12} esté en el intervalo de 8-25 % vol, y de modo que el queroseno resultante contenga al menos 100 hidrocarburos diferentes, y
25 preferiblemente 150 hidrocarburos diferentes, tengan un Punto de Humo de mínimo 30 mm, y un Punto de Congelación de máximo menos 80°C.