

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 683 009**

51 Int. Cl.:

C10G 11/05 (2006.01)

C10G 11/18 (2006.01)

B01J 29/40 (2006.01)

B01J 29/65 (2006.01)

B01J 29/80 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.10.2008 E 08253529 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.07.2018 EP 2055760**

54 Título: **Proceso de craqueo catalítico fluido para la maximización de olefinas ligeras en operaciones de baja severidad**

30 Prioridad:

29.10.2007 BR PI0704422

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

24.09.2018

73 Titular/es:

**PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. - PETROBRAS
(100.0%)
Avenida República do Chile no 65
CEP 20035-900-Rio de Janeiro RJ, BR**

72 Inventor/es:

**BASTIANI, RAQUEL;
LAU, LAM YIU y
BAPTISTA, CLAUDIA MARIA DE LACERDA
ALVARENGA**

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 683 009 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Proceso de craqueo catalítico fluido para la maximización de olefinas ligeras en operaciones de baja severidad

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere al campo de los procesos de craqueo catalítico fluido (FCC) y está relacionada con el empleo de aditivos basados en zeolitas que tienen poros pequeños, tales como ferrierita (FER), en sistemas catalíticos de unidades de FCC en las que se adoptan condiciones de baja severidad con vistas a aumentar los rendimientos de GLP y olefinas ligeras mientras se mejora la estabilidad de la gasolina. Más particularmente, la presente invención desvela un proceso para mejorar la producción de GLP y propeno en unidades de FCC que operan en condiciones de maximización de los destilados medios que tienen baja aromaticidad de un modo tal que se puedan incorporar a la mezcla de combustible diésel.

15 Antecedentes de la invención

El craqueo catalítico fluido (FCC) se lleva a cabo poniendo en contacto hidrocarburos en una zona de reacción tubular o elevador con un catalizador constituido por un material formado por partículas finas. Las materias primas sometidas más habitualmente a los procesos de FCC son, en general, corrientes de refinerías de petróleo provenientes de cortes laterales de torre de vacío, denominadas gasóleo pesado de vacío (HVGO), o corrientes más pesadas provenientes del fondo de torres atmosféricas, denominadas residuo atmosférico (RAT), o mezclas de tales corrientes. Tales corrientes, que tienen por lo general una densidad en el intervalo de 8° API a 28° API, requieren someterse a un proceso químico, tal como el proceso de craqueo catalítico, que modifica fundamentalmente la composición de las mismas, convirtiéndolas en corrientes de hidrocarburos más ligeros que tienen un mayor valor económico.

Durante la reacción de craqueo se depositan cantidades considerables de coque, un producto secundario de las reacciones, sobre los catalizadores. El catalizador gastado se dirige a la zona de regeneración en la que el coque se retira del catalizador por combustión. La eliminación del coque a través de la combustión permite recuperar la actividad del catalizador y la liberación de calor en una cantidad suficiente para proporcionar los requisitos térmicos de las reacciones de craqueo catalítico.

Debido a la concepción inicial del proceso de FCC, se ha dirigido básicamente a la producción de gasolina de alto octanaje, siendo también responsable de la producción de GLP. El destilado medio (LCO) producido es básicamente aromático, hecho que hace difícil la incorporación del mismo a la mezcla diésel. Sin embargo, los escenarios actuales y futuros indican una caída en el consumo de la gasolina y un aumento en la demanda del combustible diésel.

En la actualidad en Brasil, el 43 % del total de aproximadamente dos millones de barriles diarios de petróleo refinado se destinan a la producción de combustible diésel, y solamente el 17 % a gasolina para automoción. En 2003, el desequilibrio entre la producción y el consumo de combustibles condujo a un excedente de cuarenta y seis mil bpd (barriles por día) de gasolina y ciento tres mil bpd de fueloil, en la exportación, y una escasez de setenta y dos mil bpd de diésel (un 10 % de la demanda), en la importación.

En vista del aumento de la demanda de destilados medios de alta calidad en detrimento del mercado de la gasolina, se han introducido modificaciones en la forma de operación de las unidades de FCC que tienen el objetivo de aumentar la producción de los destilados medios en este proceso. El LCO, un producto secundario del FCC, corresponde al intervalo de destilación que se encuentra por lo general entre 220 °C y 340 °C y representa de un 15 % a un 25 % del rendimiento bruto. Normalmente, el LCO tiene una alta concentración de compuestos aromáticos, que excede de un 80 % del total. En algunas situaciones, es ventajoso operar un FCC de un modo tal que maximice la corriente de LCO. En tales casos, se desea incorporar el LCO a la mezcla de combustible diésel.

Sin embargo, la alta concentración de compuestos aromáticos confiere al mismo una muy mala propiedad de detonación en motores diésel (bajo índice de cetano) y una alta densidad. El alto contenido en compuestos aromáticos también hace difíciles los intentos de mejorar la calidad del mismo a través de hidrotratamiento. La mayoría de las operaciones industriales de baja severidad en unidades de FCC tiene como objetivo de las mismas aumentar el rendimiento de LCO y mejorar la calidad del mismo de un modo tal que se pueda incorporar mediante hidrotratamiento (HDT) a la mezcla de combustible diésel. En diversos casos y artículos técnicos se discuten posibles modificaciones del sistema catalítico y de las variables del proceso con el objetivo de conseguir la reducción de la severidad en la operación de las unidades de FCC con vistas a aumentar el rendimiento de los productos medios y reducir el contenido de compuestos aromáticos. Entre las modificaciones en las condiciones operacionales se incluyen una reducción en la temperatura de reacción y una reducción en la proporción catalizador/materia prima.

En el modo más habitual de operación para la maximización de los productos medios en los procesos de FCC, se reduce la temperatura de reacción (de 450 °C a 500 °C), se reduce la circulación del catalizador, y se utiliza un catalizador que tiene baja actividad. La totalidad de tales etapas consigue un aumento en el rendimiento y una

mejora en la calidad (reducción de compuestos aromáticos) del LCO producido, pero conducen a una reducción en la conversión con la consecuente reducción en la producción de GLP y propeno, que son aportaciones muy importantes para las refinerías y para la generación de productos petroquímicos, además de una reducción en el índice de octano de la gasolina. Algunas referencias importantes en esta materia son:

5 1) Peterman, R.W., *Distillate yield from the FCC: process and catalyst changes for maximization of LCO*, Catalysts Courier;

10 2) *Advanced hydrotreating and hydrocracking technologies to produce ultra-clean diesel fuel*, Hydrocarbon Publishing Company, 2004;

3) *Studies on maximizing diesel oil production from FCC*, Fifth International Symposium on the Advances in Fluid Catalytic Cracking, 218th National Meeting, American Chemical Society, 1999;

15 4) *New development boosts production of middle distillate from FCC*, Oil and Gas Journal, agosto, 1970.

El documento de Patente WO 2005/047429 desvela composiciones para la reducción del NO_x generado durante un proceso de craqueo catalítico, preferentemente un proceso de craqueo catalítico fluido. Las composiciones comprenden una composición de craqueo catalítico fluido, que contiene preferentemente una zeolita de tipo Y y una composición de reducción del NO_x formado por partículas que contiene partículas de la zeolita ferrierita.

La aplicación industrial de aditivos basados en zeolitas que tienen una alta proporción sílice-alúmina, tales como ZSM-5 (Zeolita Socony Mobil), comenzó en 1983. Desde entonces, se ha empleado ZSM-5 con gran éxito en operaciones de FCC convencionales como componente activo de aditivos para aumentar el rendimiento de hidrocarburos ligeros tales como GLP y olefinas ligeras, principalmente propeno e isobuteno, que tienen un alto valor añadido. Sin embargo, tales aditivos tienden a reducir el rendimiento y la calidad del LCO en operaciones a bajas temperaturas de reacción en función de los compuestos ligeros de craqueo presentes. Se ha observado que el uso de tales aditivos conduce a la reducción en el rendimiento y aumenta el índice de octano de la gasolina.

La bibliografía relacionada con la materia se puede examinar en las publicaciones:

1) Degnan F., Chitnis G.K. y Schipper P.H., *History of ZSM-5 fluid cracking additive development at Mobil*, Microporous and Mesoporous Materials, 35-36, 2000, 245-252;

2) Donnelly S.P., Mizzahi S., Sparrel P.T., Huss Jr., A., Schipper P.H. y Herbst J.A., *How ZSM-5 works in FCC*, Division of Petroleum Chemistry, ACS Meeting, 30 de agosto - 4 de septiembre, New Orleans, 1987;

3) Kishna A.S., Hsieh C.R., English A.R., Picoraro T.A., Kuehler C.W., *Additives improve FCC process*, Hydrocarbon Processing, Nov. 1991, 59-66.

Normalmente, en la aplicación industrial del aditivo ZSM-5 se adoptan condiciones operacionales apropiadas para la maximización de la gasolina, es decir, temperaturas de reacción del orden de 540 °C. En tales condiciones, casi no se observan cambios en el rendimiento y la calidad del LCO. Estudios llevados a cabo por el Centro de Investigación de Petrobras (CENPES) han demostrado que, en los procesos de craqueo catalítico que operan a baja severidad basados en una reducción en la temperatura de reacción, el uso de aditivos comerciales convencionales basados en ZSM-5 estimula una reducción en el rendimiento del LCO y un aumento en la aromaticidad. Por lo tanto, la presencia de tales aditivos comerciales tiene el efecto contrario que el que se propone en la presente invención.

Ciertos trabajos publicados en la bibliografía consideran que la zeolita ferrierita (FER) ofrece una contribución discreta en lo que respecta al aumento de la producción de olefinas ligeras que surge de la selectividad de la misma en las moléculas de craqueo en el intervalo de la gasolina. Por ejemplo, el trabajo de B.G. Anderson y colaboradores en la publicación "An attempt to predict the optimum zeolite-based catalyst for selective cracking of naphtha-range hydrocarbons to light olefins", *Journal of Molecular Catalysis A*, Chemical 181, 2002, 291-301. Sin embargo, existen publicaciones en la bibliografía que desvelan el uso de FER para la producción de olefinas ligeras, que no sugieren el uso de la misma exclusivamente en operaciones severas a temperaturas que exceden de 550 °C y altas proporciones catalizador/materia prima, es decir, las operaciones habituales de FCC dirigidas a la producción de materias primas para la industria petroquímica. Un ejemplo de tal aplicación se puede encontrar en el documento de Patente de Estados Unidos n.º 6 867 341. No existe ninguna referencia en la bibliografía abierta que describa o sugiera el uso de FER en el proceso de craqueo catalítico que tenga vistas simultáneas a la maximización de la producción de destilados medios y de olefinas ligeras.

La presente invención desvela una solución alternativa para aumentar la producción de olefinas ligeras sin perjuicio de la producción de destilados medios en unidades de craqueo catalítico que operan en condiciones de baja severidad, es decir, el uso de la zeolita no convencional, ferrierita (FER), que reemplaza parcialmente a ZSM-5. De acuerdo con la presente invención, la adición de la zeolita FER al catalizador base directamente o en forma de aditivo, mezclada con ZSM-5, produce un sistema catalítico más eficaz que los sistemas catalíticos que se

encuentran en el estado de la técnica para aumentar el rendimiento de GLP y propeno sin perjudicar el rendimiento y la calidad de LCO.

La ferrierita tiene poros más pequeños que los de la zeolita ZSM-5 en una estructura unidimensional que tiene aberturas de poro de 5,4 x 4,2 Angstroms y que posee dos canales bidimensionales de 5,6 x 5,3 Angstroms y 5,5 x 5,1 Angstroms.

La Figura 1 muestra la estructura cristalina de la zeolita FER. Se puede adquirir en el mercado o sintetizarse mediante métodos que ya se han revelado claramente en la bibliografía (documentos de Patente de Estados Unidos con números 5 985 238; 4 088 739; 3 966 883). También se puede emplear la zeolita ZSM-35 patentada por Mobil (documento de Patente de Estados Unidos n.º 4 016 245), que tiene una estructura similar a la de la zeolita FER. Se describen diversos métodos en la bibliografía para la incorporación de zeolitas selectivas para olefinas a diferentes tipos de matrices que forman microesferas adecuadas para su uso en procesos de FCC tales como, por ejemplo, el documento de Patente de Estados Unidos n.º 5 286 369 (Grace), el documento de Patente de Estados Unidos n.º 5 456 821 y el documento de Patente de Estados Unidos n.º 5 888 378 (que pertenecen ambos a Mobil). Dichos métodos se pueden utilizar para incorporar FER con o sin la presencia de ZSM-5.

Basándose en la presente invención, es posible conseguir los beneficios del uso de los aditivos convencionales anteriores basados en ZSM-5 eliminando los efectos negativos en lo que respecta a la reducción en el rendimiento y la calidad del LCO. La zeolita FER, mezclada con ZSM-5, contribuye de una forma muy significativa a la formación de olefinas ligeras en operaciones de baja severidad sin reducir al rendimiento ni alterar la calidad del LCO debido a que, a diferencia de la zeolita ZSM-5, el craqueo de moléculas en el intervalo de LCO no se produce en función de la estructura de las mismas. Además, también permite aumentar el índice de octano y la estabilidad de la gasolina producida.

Sumario de la invención

La presente invención proporciona un proceso de craqueo catalítico fluido (FCC) que utiliza ferrierita, una zeolita que difiere de la ZSM-5 utilizada convencionalmente para mejorar la calidad y aumentar la cantidad de destilados medios con mayores rendimientos de GLP y propeno a temperaturas de reacción moderadas, es decir, inferiores a 510 °C.

La presente invención proporciona un proceso de craqueo catalítico fluido (FCC) de acuerdo con la reivindicación 1.

La ferrierita se puede incorporar durante la preparación del catalizador de FCC o añadir en forma de un aditivo. En ambos casos, se puede emplear pura o mezclada con zeolitas convencionales. Dicho sistema catalítico comprende un catalizador de FCC o una mezcla de un catalizador de FCC con un aditivo. Al poseer una estructura diferente de la zeolita ZSM-5, la zeolita FER permite aumentar la producción de GLP y propeno sin interferir en el rendimiento y la calidad de los destilados medios producidos en operaciones de baja severidad, dado que no provoca el craqueo de moléculas en el intervalo de LCO y, además, hace posible un aumento en el índice de octano y la estabilidad de la gasolina obtenida.

Descripción detallada de la invención

La presente invención proporciona un proceso de craqueo catalítico fluido (FCC) para unidades de FCC que emplean condiciones de operación de baja severidad con vistas a aumentar la producción de GLP y olefinas ligeras y a la maximización de destilados medios de baja aromaticidad, de un modo tal que se puedan incorporar a la mezcla de combustible diésel. Dicho proceso difiere de los procesos que se encuentran en el estado de la técnica en virtud del empleo de un sistema catalítico original. Dicho catalizador es un catalizador de FCC selectivo para olefinas ligeras, es decir, un catalizador de FCC que contiene una zeolita selectiva para olefinas ligeras, que es una zeolita de tipo ZSM-5. Dicho aditivo comprende una zeolita que tiene poros pequeños, del tipo de la zeolita ferrierita (FER). Alternativamente, dicho catalizador puede comprender un catalizador de FCC que contiene en la composición del mismo una zeolita que tiene poros pequeños, del tipo de la zeolita FER, reemplazando parcialmente la zeolita de tipo ZSM-5. El porcentaje en peso de la zeolita de tipo FER en el sistema catalítico con respecto al catalizador de FCC se encuentra dentro de un intervalo de valores entre un 1 % y un 5 %. El porcentaje en peso de zeolita de tipo ZSM-5 en el sistema catalítico, con respecto al catalizador de FCC, se encuentra dentro de un intervalo de valores inferior a un 2 %, preferentemente dentro de un intervalo de valores inferior a un 1 %, más preferentemente dentro de un intervalo de valores inferior a un 0,5 %. Dicho sistema catalítico se utiliza en unidades de FCC en condiciones de baja severidad, es decir, a temperaturas inferiores a 510 °C. Dicho sistema catalítico aumenta los rendimientos de GLP, propeno y buteno sin pérdida de rendimiento de LCO sin el aumento de aromaticidad observado en otros sistemas catalíticos que emplean catalizadores convencionales basados en zeolita ZSM-5 utilizados en las mismas condiciones de operación de baja severidad.

Un método para la preparación de un aditivo comprende las siguientes etapas:

- 1) preparación de una suspensión de zeolita selectiva para la producción de olefinas ligeras, preferentemente zeolitas que tienen una estructura equivalente a la estructura de la zeolita ferrierita (FER), tal como zeolita ZSM-

35, más preferentemente la zeolita FER, pura o mezclada con otras zeolitas selectivas para la producción de olefinas ligeras, por ejemplo zeolita ZSM-5;

2) preparación de un hidrosol de un óxido inorgánico, por lo general de sílice, alúmina, o sílice-alúmina;

3) mezclar tal hidrosol con tal suspensión de zeolita;

4) secar tal suspensión en una secadora por pulverización.

10 El porcentaje en peso de zeolita FER en el sistema catalítico con respecto al catalizador de FCC se encuentra dentro de un intervalo de valores entre un 1 % y un 5 %. El porcentaje en peso de zeolita ZSM-5 en el sistema catalítico, con respecto al catalizador de FCC, se encuentra dentro de un intervalo de valores inferior a un 2 %, preferentemente inferior a un 1 %, más preferentemente inferior a un 0,5 %.

15 En las unidades de FCC que tienen el objetivo de la maximización de olefinas ligeras, el aditivo preparado mediante el método descrito mezclado con un catalizador de FCC para maximizar GLP y propeno ofrece un mejor rendimiento en condiciones de operación de baja severidad que los aditivos preparados mediante otros métodos del estado de la técnica. La zeolita FER no reduce el rendimiento ni altera la calidad del LCO que surge de la arquitectura de los poros de la misma que discrimina contra las moléculas de craqueo de hidrocarburos en el intervalo de LCO.

Descripción de las figuras

La Figura 1 muestra un gráfico que representa la estructura de la ferrierita. Las Figuras 2, 3, 4 y 5 son gráficos, obtenidos a partir de los resultados del ejemplo posterior, que muestran las variaciones en el rendimiento de GLP (Figura 2), propeno (Figura 3), LCO (Figura 4), y compuestos de isoconversión saturados (Figura 5), en función de las conversiones conseguidas por las muestras estudiadas en los ensayos de microactividad llevados a cabo a 500 °C, que tienen una proporción iso-cat/petróleo = 5: curva (1) 100 % de ecat MFCC-1; curva (2) 1 % de MFI; curva (3) 1 % de FER; curva (4) 5 % de FER.

EJEMPLO: los ejemplos posteriores son ilustrativos, teniendo el objetivo de demostrar la capacidad intrínseca de la zeolita FER de conseguir el rendimiento mencionado anteriormente sin restringir el intervalo de contenidos de FER y ZSM-5 a aplicar. Las zeolitas se mezclaron con el catalizador y se sometieron a ensayo en una unidad ACE de conformidad con el protocolo de ensayo estándar de dicha unidad. La temperatura de reacción adoptada fue de 500 °C para estimular una operación de baja severidad, estableciéndose diferentes proporciones catalizador/petróleo basadas en el ajuste del tiempo de inyección de la mezcla.

La evaluación principal fue el efecto de tales zeolitas en el rendimiento y la calidad del LCO. El catalizador base empleado fue un catalizador de equilibrio comercial, MFCC-1, que tenía una formulación apropiada para la operación de maximización de destilados medios. Las respectivas zeolitas se mezclaron puras con el catalizador base. La Tabla 1 muestra un resumen de los experimentos llevados a cabo. La materia prima utilizada fue un gasóleo de vacío pesado. Las Tablas 2 y 3 muestran las propiedades principales de la materia prima y del catalizador base empleados, respectivamente.

Ensayo	Tipo de zeolita y porcentaje añadido	TRX (°C)
A	0 % (base)	500
B	Ferrierita - 1 %	500
C	Ferrierita - 5 %	500
D	ZSM-5 - 1 %	500

Densidad a 20/4 °C	0,9519
° API	16,5
Viscosidad (ASTM D445-1) (cSt)	107
Temperatura (°C)	60
Viscosidad (ASTM D445-1) (cSt)	35,06
Temperatura (°C)	82,2

Azufre (ASTM D-5354) (ppm)	7116
Destilación (ASTM D-2887)	
IBP (°C)	291,1
T5 % (°C)	355,8
T10 % (°C)	381,4
T30 % (°C)	430,5
T50 % (°C)	460,6
T70 % (°C)	493,7
T90 % (°C)	535,3
FBP (°C)	621,1

Conversión MAT (% en peso)	68
Área BET (m ² /g)	124
Volumen de microporos (ml/g)	0,007
Área de mesoporos (m ² /g)	108
Ni (ppm)	1355
V (ppm)	1810
P ₂ O ₅ (ppm)	5173

- Las Figuras 2, 3 y 4 demuestran el excelente rendimiento de FER en el aumento de rendimientos de GLP y propeno sin reducción en el rendimiento de LCO. A pesar de que ZSM-5 muestra altos rendimientos de GLP y propeno, cuando se compara con el catalizador base, se observa claramente que el rendimiento de LCO se ve afectado por el uso de dicha zeolita. La adición de FER conduce a un aumento en GLP y propeno. En particular, mediante la mezcla de un 5 % de FER con el catalizador base, se obtiene un aumento considerable en el rendimiento de GLP y propeno. En ambos casos, un 1 % o un 5 % de FER, el rendimiento de LCO no se vio afectado.
- 10 La Figura 5 muestra la influencia de los aditivos en el contenido de compuestos saturados en LCO. En la operación para la maximización de destilados medios, la intención es mejorar la calidad y el rendimiento de LCO. De este modo, cuanto mayor sea el contenido de compuestos saturados en el LCO, será más fácil la incorporación de los mismos a la mezcla diésel mediante HDT.
- 15 El gráfico confirma que el aditivo basado en ZSM-5 no es apropiado para la maximización de destilados medios debido a que reduce el contenido de compuestos saturados del LCO.
- 20 La Tabla 4 muestra una comparación entre ensayos de microactividad e isoconversión. Además de aumentar el rendimiento de olefinas ligeras, el uso de FER estimula un ligero aumento en el rendimiento de LCO, manteniendo la calidad del mismo.

CATALIZADOR	100 % de ECAT	1 % de FER 99 % de ECAT	5 % de FER 95 % de ECAT	1 % de ZSM-5 99 % de ECAT
Conversión (% p/p)	65	65	65	65
CTO (w/w)	6,15	6,04	5,97	6,06
Coque (% p/p)	9,97	9,77	9,88	10,23
Gas combustible (% p/p)	2,73	2,80	3,26	4,36
Propeno (% p/p)	4,01	4,52	6,43	7,99

TABLA 4 - RESULTADOS DE ENSAYOS DE MICRO ACTIVIDAD				
CATALIZADOR	100 % de ECAT	1 % de FER 99 % de ECAT	5 % de FER 95 % de ECAT	1 % de ZSM-5 99 % de ECAT
GLP (% p/p)	12,96	13,45	16,26	21,57
Gasolina (% p/p)	39,44	38,98	35,60	28,84
LCO (% p/p)	20,25	21,29	21,22	19,27
Compuestos saturados para iso- cat/petróleo = 5 (% p/p)	37,6	39,3	37,2	30,4

REIVINDICACIONES

1. Proceso de craqueo catalítico fluido (FCC), que utiliza condiciones de operación de baja severidad en unidades de FCC para maximizar la cantidad y la calidad de los destilados medios y aumentar los rendimientos de GLP y olefinas ligeras; en el que dichas condiciones de operación de baja severidad comprenden una temperatura inferior a 510 °C, **caracterizado por que** utiliza un sistema catalítico que comprende dos zeolitas, en el que al menos una de dichas zeolitas tiene un tamaño de poro equivalente al tamaño de los poros de las zeolitas del tipo ferrierita, en el que al menos una de dichas zeolitas comprende una zeolita del tipo ZSM-5, en el que dicho sistema catalítico contiene un porcentaje en peso de zeolita del tipo ferrierita de un 1 % a un 5 %, basado en el peso total del catalizador, y un porcentaje en peso de zeolita del tipo ZSM-5 de menos de un 2 %, basado en el peso total del catalizador.
2. El proceso de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** dicho sistema catalítico contiene un porcentaje en peso de zeolita del tipo ZSM-5 de menos de un 1 %, basado en el peso total del catalizador.
3. El proceso de acuerdo con la reivindicación 2, en el que dicho porcentaje en peso de zeolita del tipo ZSM-5 es menos de un 0,5 %, basado en el peso total del catalizador.

Fig.1.

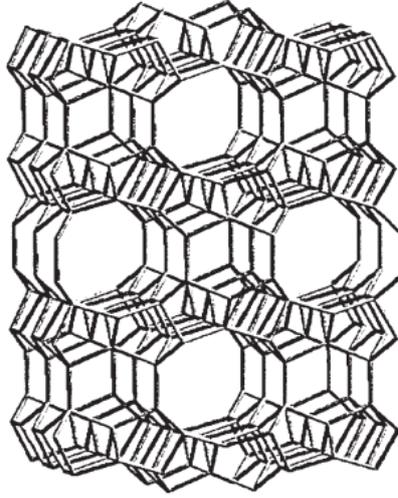


Fig.2.

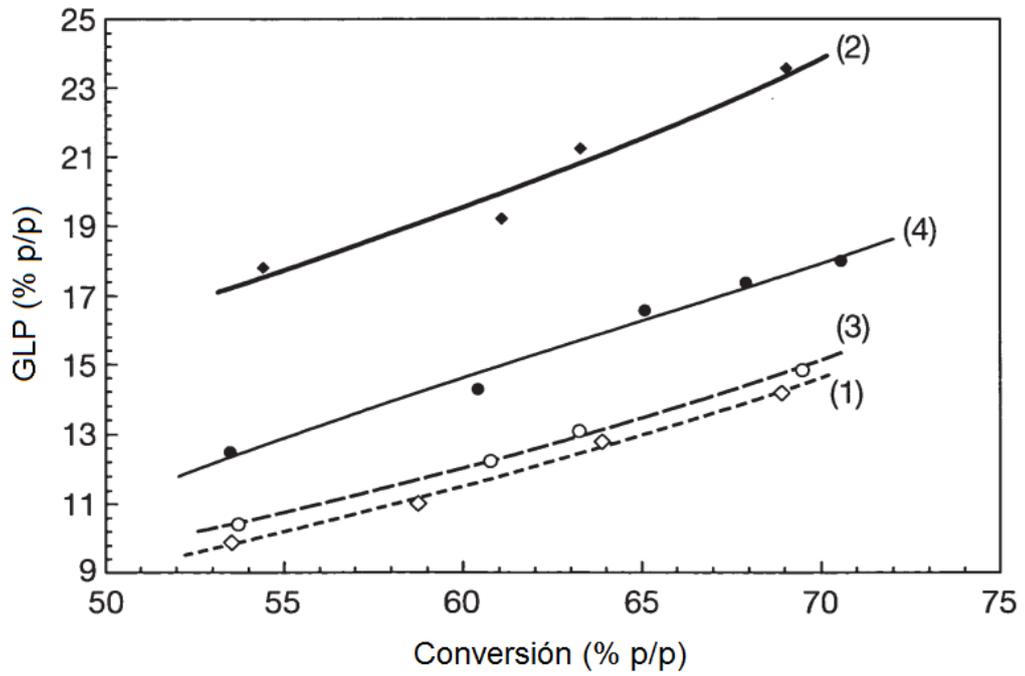


Fig.3.

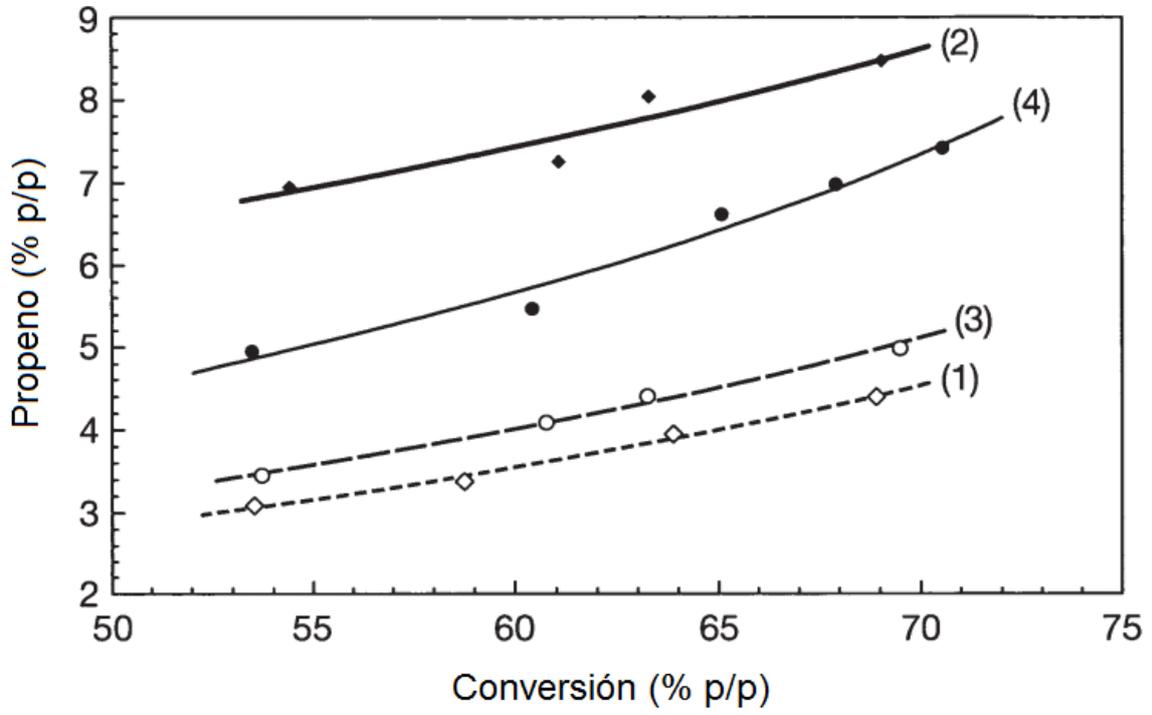


Fig.4.

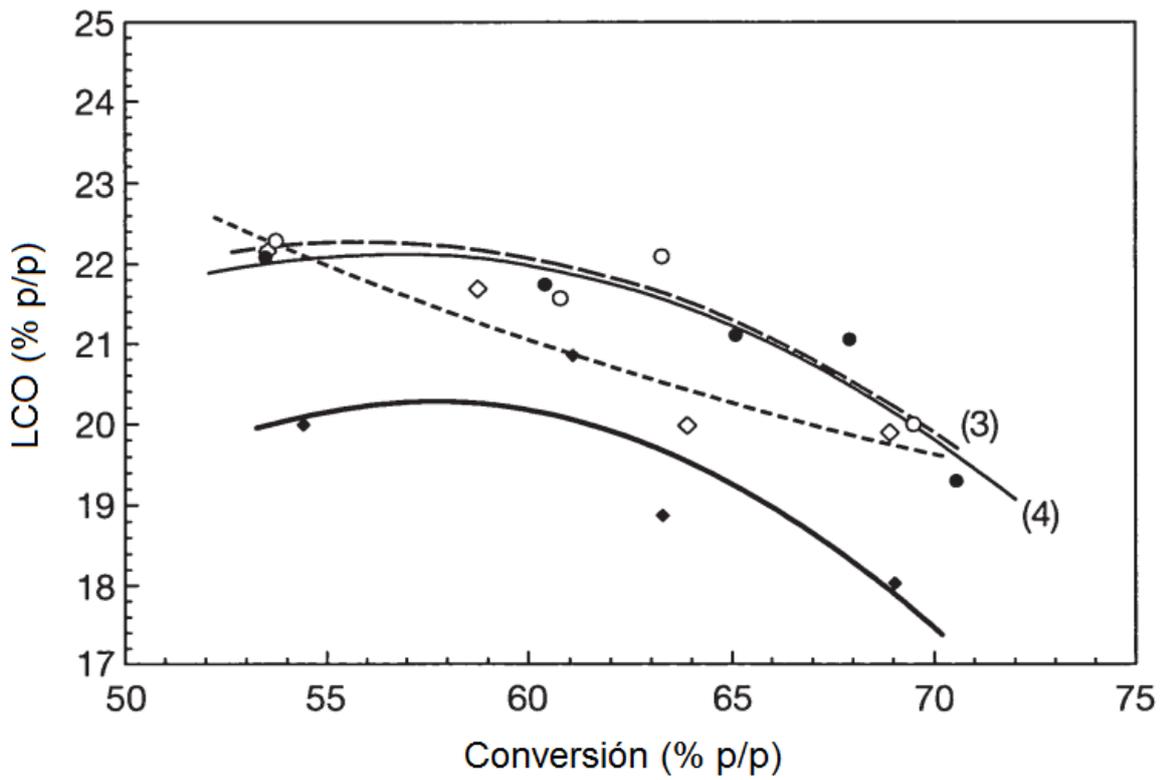


Fig.5.

