

INVESTIGACION Y DESARROLLO EN EL PROCESO DE REFORMADO DE NAFTA* *

por

JOSÉ MIGUEL PARERA

**INDUSTRIA DE REFINACION DEL PETROLEO E INDUSTRIA
PETROQUIMICA**

*Generalidades. Importancia de sus procesos catalíticos.
Consumo de catalizador*

El petróleo ha sido el principal responsable del incremento de los bienes materiales a disposición del hombre producido en este siglo. Es la principal fuente de energía y el originador de gran cantidad de sustancias de uso diario. Hay dos tipos de industrias que parten del petróleo: la petrolera (o de refinación del petróleo) y la petroquímica. La industria petrolera parte del petróleo crudo extraído de los yacimientos y por destilación separa diversas fracciones o cortes. Estos cortes se diferencian por sus puntos de ebullición y cada uno se

* Este trabajo se refiere a la investigación en desarrollo en el Instituto de Catálisis y Petroquímica de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Litoral tendiente a la fabricación del catalizador de reformado de naftas. Ello constituye el Programa N° 11 de la programación de Ciencia y Técnica de la U.N.L. y está coordinado en un plan nacional tendiente a fabricar en el país los catalizadores estratégicos que actualmente se importan en su totalidad. Se hace una visión somera de las industrias vinculadas al petróleo, en particular al reformado de naftas, la importancia que tienen en estos procesos los catalizadores, la investigación tecnológica y el trabajo en marcha.

somete a procesos de transformación o mejora de sus propiedades. La industria petroquímica tiene como materia prima al gas natural o derivados del petróleo y es una industria química típica de proceso. La industria petrolera produce combustibles, lubricantes y asfalto; la industria petroquímica produce múltiples sustancias que constituyen la base de nuevos productos del confort moderno (solventes, plaguicidas, productos farmacéuticos, plásticos, detergentes, etc.).

Por su economía, los procesos de estas industrias han demostrado las ventajas de trabajar en forma continua y en gran escala, criterios que se han impuesto en todas las industrias. Los procesos petroquímicos han desplazado a muchos procesos químicos clásicos y hoy en día la mayor parte de los productos orgánicos y algunos inorgánicos (amoníaco, azufre, ácido cianhídrico) se obtienen por vía petroquímica. Esta vía permite obtener por métodos nuevos sustancias ya conocidas, o preparar otras antes desconocidas, como fibras artificiales, detergentes, plásticos, insecticidas. En nuestro país, al igual que en casi todos los latinoamericanos, esta industria ha sido fijada como prioritaria en los diversos planes de desarrollo enunciados.

Actualmente un 3-4 % del petróleo procesado se emplea como materia prima para productos petroquímicos y el resto se lo utiliza como combustible o lubricante. A pesar de ser pequeño el porcentaje del petróleo transformado en petroquímicos, su valor es muy grande debido al gran valor agregado por procesamiento. En todas partes del mundo, sobre todo en América Latina, el petróleo es la principal fuente de energía, principalmente por el auge del transporte automotor. Debido a lo limitado de sus reservas y a los incrementos de su precio, el petróleo como combustible está siendo reemplazado, en los casos factibles, por otras fuentes de energía (hidráulica, atómica, geotérmica, etc.). Esta sustitución no ocurrirá en la industria petroquímica porque generalmente no hay materia prima que pueda competir con el petróleo. Por esta razón y de-

bido al incremento del consumo de productos petroquímicos, que son constituyentes fundamentales del confort moderno, el porcentaje del petróleo que se transforma en petroquímicos irá en aumento.

En gran cantidad de procesos de la industria petrolera y en casi todos los petroquímicos la reacción química fundamental ocurre por la acción de catalizadores. Estos materiales tienen la propiedad de aumentar grandemente la velocidad de reacción (actividad catalítica) y de favorecer la reacción deseada entre otras posibles (selectividad). Generalmente la aparición de nuevos procesos industriales se debe a la utilización de un nuevo catalizador con mejores propiedades en lo referente a actividad, selectividad y vida útil del mismo.

El 80 % del petróleo crudo que entra a una refinería pasa por catalizadores con objeto de transformarlo en los productos que requiere el mercado, en lo referente a cantidad y calidad. La refinación del petróleo es la industria que más catalizadores consume, ya sea porque tiene producciones mayores que las otras, como por el hecho que sus catalizadores en general se desactivan más rápidamente. En nuestro país el consumo de cada producto de la industria petrolera está en el orden de los millones de toneladas anuales, mientras que en la petroquímica ningún producto aislado pasa las 100.000 toneladas anuales.

Los principales procesos catalíticos en la refinación del petróleo son: craqueo, reformado e hidro-procesado. El craqueo es el proceso por el cual moléculas de hidrocarburos de gran peso molecular (por ejemplo las que constituyen el gas-oil) se rompen o "craquean" para dar moléculas más chicas que constituyen la nafta. El proceso de reformado consta en la transformación de las moléculas de hidrocarburos parafínicos y nafténicos contenidos en la nafta en hidrocarburos aromáticos, obteniéndose así naftas de mayor octanaje que permiten una mayor relación de compresión en los motores con lo que se aumenta el rendimiento mecánico. Con el nom-

bre de hidroprocesado se denominan los procesos que tratan cortes de petróleo con hidrógeno, ya sea para eliminar el azufre de los mismos (hidrodesulfurización) por ser agente de contaminación ambiental y corroer equipos o para craquear e hidrogenar los productos de craqueo (hidrocraqueo) para obtener cortes parafínicos como el querosene para aviones a reacción.

Tabla 1

Capacidad de refinerías en miles de barriles por día (1 barril = 120 litros)

	<i>Crudo</i>	<i>Craqueo Cat..</i>		<i>Reformado</i>		<i>Hidroprocesado</i>	
		<i>Capac.</i>	<i>% crudo</i>	<i>Capac.</i>	<i>% crudo</i>	<i>Capac.</i>	<i>% crudo</i>
Mundo	59.396	8.990	15	7.440	13	19.512	33
E.E.U.U. y Canadá	17.253	4.640	27	3.428	20	7.025	41
Europa Occidental	19.972	960	5	2.356	12	5.971	30
América Latina	7.690	663	9	377	5	1.559	20
Argentina	684	101	15	36	6	49	7
Brasil	986	169	17	20	2	9	1
Colombia	171	54	32	6	4	6	4
Cuba	122	16	13	12	10	19	16
Chile	149	26	17	10	7	—	—
México	760	109	14	35	5	169	23
Perú	130	24	18	2	2	3	2
Venezuela	1.451	47	3	18	1	307	21

(estimación para 1976 de Oil & Gas Journal, Dec. 29, 1975)

La Tabla 1 muestra las capacidades de procesamiento total de petróleo crudo en las refinerías y de los principales procesos catalíticos que ellas poseen con los porcentajes de

cada uno sobre el total de crudo. Se dan datos para las principales áreas del mundo y para los países latinoamericanos que poseen una capacidad de tratamiento de crudo mayor que 100.000 barr/día. Entre otras cosas muestra el mayor consumo de cortes pesados que hay en Europa (menor craqueo) y que en nuestro país hay un bajo porcentaje de reformado de naftas. Venezuela tiene una gran capacidad de procesamiento de petróleo crudo y los cortes obtenidos en gran parte se exportan, por lo cual tiene bajos porcentajes de craqueo y reformado. Esto influye en los porcentajes de América Latina.

Tabla 2

<i>Proceso</i>	<i>Capacidad (1971)</i>	<i>Consumo de catalizador</i>	<i>Precio del catalizador</i>
	10 ³ barr/día	103 ton/año	10 ³ dol/ton
Craqueo	8.800	300	0,6-0,8
Reformado	6.800	9	20 mínimo
Hidrodesulfuración	11.200	12,5	2,2-3,2
Hidrocraqueo	1.050	6	5-8
Polimerización	200	10	0,7-0,8

La Tabla 2 tiene datos para los países denominados "occidentales"; se indica en la primer columna el proceso catalítico, en la segunda la capacidad instalada en 1971 de los mismos en miles de barriles por día; en la tercera el consumo de catalizador en miles de toneladas por año y en la última el precio unitario del catalizador en miles de dólares por tonelada. Este es el precio que tenían ese año, tomando el valor del catalizador más común en ese momento, pues en cada proceso hay diversos tipos de catalizadores y continuamente aparecen nuevos. Estos datos fueron recopilados de varias fuentes, principalmente de un artículo del Dr. Le Page del Instituto Francés del Petróleo (Acta Científica Venezolana 24, 20 (1973)).

La tabla muestra la importancia económica de los catalizadores. Por ejemplo, en Estados Unidos se invirtieron en 1973

más de 300.000.000 de dólares en adquirir catalizadores para los procesos de refinación del petróleo y unos 100.000.000 de dólares en los catalizadores para procesos petroquímicos. En cambio en Europa debido a que posee menos hidrocraqueo y craqueo y que la polimerización casi no existe, las cantidades invertidas para adquirir catalizadores para ambos tipos de procesos no son muy distintas.

Según los procesos, el costo del catalizador significa un 7-10 % del costo de producción (Cervello Collazos, J. y Jiménez Melendo, J. F., Ingeniería Química, Febrero 1975, p. 71).

En nuestro país el Comité Nacional de Catálisis —CONACA— realizó un censo del consumo de catalizadores en los procesos catalíticos existentes. En la Tabla 3 se dan datos tomados de ese censo en lo que respecta a los principales procesos de las industrias del petróleo y petroquímica. Si bien la información que dieron las industrias no fue completa y algunos datos fueron tomados como estimaciones, el censo da una idea de la magnitud del consumo de catalizador y su costo. Como el precio es muy variable, se tomó un promedio o alguno representativo. Todos los catalizadores son importados, los proveedores están fundamentalmente en Estados Unidos y en segundo lugar en Europa Occidental.

Tabla 3

Proceso	Catalizador en uso		Consumo anual	Precio	Costo anual
	ton	ton	ton/año	10 ³ dol/ton	10 ³ dol/año
Craqueo catalítico	lecho fluido con renovación continua (18 ton/día)		6.500	0,40	2.600
Reformado de nafta	142		36 25	50 2,5	1.800 62,5
Desulfurización	100		73	2,5	172,5
Deshidrogenación	145		4	40	160
Ref. gas natural	17			Total	4.795,0

La Tabla 3 tomó los procesos más representativos de las industrias de refinación del petróleo y algunos petroquímicos. Además hay otras adquisiciones de catalizadores, periódicas o no, que también tienen importancia. Tal es el caso del ácido fosfórico sobre Kieselghur usado en polimerización (30.000 dol), los catalizadores de metal noble (platino o paladio) soportados usados en hidrogenación (70.000 dol), carbono activado con óxido de cobre para desulfurar gas natural (51.500 dol), catalizador en base a sales de mercurio (20.000 dol), óxido de cobre sobre sílice (para ácido acético (45.000 dol). Si a estos valores le sumamos la gran cantidad de catalizadores específicos que se usan en muchos procesos petroquímicos nos da una cantidad que se puede apreciar en 10.000.000 dólares/año. Esta es la cantidad que el país gasta en importar los catalizadores necesarios para mantener en operación los procesos ya instalados en las industrias de refinación del petróleo y petroquímica. También la industria química importa gran cantidad de catalizadores para las plantas de ácido sulfúrico, ácido nítrico, agua oxigenada, etc.

REFORMADO DE NAFTAS

Plantas en la Argentina. Preparación del catalizador

En el país existen varias plantas de reformado de naftas, ya sea para obtener naftas de mayor octanaje, con la correspondiente mejora en el rendimiento de los motores (industria de refinación del petróleo) o para obtener separadamente benceno, tolueno y xilenos (industria petroquímica). Por ello el reformado de naftas constituye un proceso importante tanto económica como estratégicamente. En la tabla 4 se indican las plantas de reformado en funcionamiento, las dos primeras son petroquímicas y obtienen separadamente aromáticos (benceno, tolueno y xilenos) y las cuatro siguientes son para obtener naftas de mayor octanaje.

Tabla 4

<i>Empresa</i>	<i>Carga de Catalizador</i>	<i>Tipo de Catalizador</i>
Petroquímica Gral Mosconi Ensenada (Bs. Aires)	35.000	Pt-Re/Al ₂ O ₃ Engelhard Pt-Re/Al ₂ O ₃ Engelhard
PASA - San Lorenzo, S. Fe	18.570	Pt/Al ₂ O ₃ , UOP - R-11
Y.P.F. - Ensenada (B. As.)	20.000	Pt/Al ₂ O ₃ , UOP - R-11
Y.P.F. - Luján de Cuyo (Mza.)	20.000	Pt-Re/Al ₂ O ₃ , U. Mathews
Shell - Dock Sud (Bs. Aires)	30.000	PE-12
Esso - Campana (Bs. Aires)	18.000	
Total	141.570	

A esto hay que sumar la planta de reformado de la nueva destilería de Y. P. F. de Plaza Huincul (Neuquén) que usa un catalizador bimetálico sin renio.

Todas estas plantas están sujetas a la provisión de catalizador importado. Teniendo en cuenta el alto valor estratégico de los productos de reformado, ya sea como combustible o como intermediario en la industria química (plásticos, detergentes, fibras, productos farmacéuticos, etc.) queda claro que la importación del catalizador es un punto neurálgico y esta es la única dependencia que tienen las plantas durante su funcionamiento.

El costo del catalizador es muy alto debido al costo de materiales, pero sobre todo, por el pago del costo de la generación de la tecnología para prepararlo.

Del mismo tipo que los catalizadores de reformado, platino sobre alúmina, son los catalizadores del proceso de isomerización de xilenos que posee Petroquímica General Mosconi para obtener materia prima para fibras artificiales y del proceso de deshidrogenación de n-dodecano de la destilería de La Plata de Y. P. F. para tener el n-alfa-dodecano, base de los detergentes biodegradables. También es platino sobre alúmina

el catalizador de isomerización de parafinas livianas (pentano, hexano), proceso que posiblemente se instale en el futuro en el país. Similares son los catalizadores de hidrocrqueo que posee Y. P. F. en la destilería de Luján de Cuyo y de reformado de metano para obtener la materia prima para las plantas de metanol (Atanor, Casco) y amoniaco (Petrosur).

De lo anteriormente expuesto surge que es de interés estudiar la factibilidad del desarrollo y producción en el país del catalizador de reformado. Este fue el primer tema estudiado por el —CONACA— Comité Nacional de Catálisis. Este Comité fue creado de la siguiente manera: desde hace años los investigadores en catálisis del país realizaban reuniones periódicas para intercambiar ideas y experiencias. En ellas surgió la conveniencia para el país de utilizar efectivamente la infraestructura humana y de instrumental que se formó en las universidades en la resolución de problemas de la industria. Como hasta ese momento (principios de 1972) los diversos grupos de investigación habían tenido sólo contactos aislados con la industria se resolvió promover la creación del Comité, que tendría como lugar de reunión la sede del CONICET de Buenos Aires, contando con el apoyo administrativo - económico del mismo. Este Comité se formó con representantes de las universidades que hacen investigación en catálisis (U. N. de La Plata, U. N. del Litoral, U. N. del Sur, U. N. de Salta, U. N. de Cuyo) y representantes de las industrias en las cuales interviene el Estado y que poseen procesos catalíticos (Y. P. F., Gas del Estado, Petroquímica General Mosconi, Petroquímica Bahía Blanca, Fabricaciones Militares, Atanor S. A. M. y Carboclor). Este Comité se reúne periódicamente y las industrias plantean los problemas de catálisis que desean se les estudie y los representantes de universidades ven la factibilidad de realizar el trabajo. En una de esas reuniones los representantes de las empresas que poseen procesos de reformado de naftas solicitaron que se estudie el tema. Se formó una comisión con el representante de Y. P. F. y los de las

Universidades del Sur, Litoral y La Plata que estudió la factibilidad, llegando a la conclusión que con el equipo humano y de instrumental existente en el país se puede encarar el trabajo, requiriendo tarea en equipo entre varias universidades y dependencias de Y.P.F. Se espera generar la tecnología necesaria para la preparación del catalizador en el país, con los beneficios siguientes, que han sido indicados en el informe del CONACA:

- desarrollo de tecnología nacional,
- beneficios económicos,
- beneficios estratégicos,
- desarrollo de recursos humanos,
- beneficios a procesos colaterales que utilizan catalizadores similares.

En base a esto el CONACA invitó a las universidades a participar en un plan nacional de investigación y desarrollo del catalizador de reformado. Con las propuestas de las universidades y la discusión de planes y posibilidades, se acordó encarar el trabajo coordinado de la siguiente manera: preparación del soporte (alúmina), Departamento de Tecnología Química de la U. N. de La Plata. Transformación del soporte en catalizador mediante el agregado de metal noble y promoción con halógeno y azufre, Facultad de Ingeniería Química de la U. N. del Litoral, Santa Fe. Determinaciones físico-químicas del material obtenido (superficie específica, distribuciones de tamaño de poros, dispersión metálica, composición química, etc.) y ensayos de determinación de actividad, selectividad y vida útil del catalizador, Facultad de Ingeniería Química de la U. N. del Litoral, Santa Fe, Estudio de dispersión y redispersión del componente metálico Planta Piloto de Ingeniería Química, U. N. del Sur, Bahía Blanca. Propiedades físicas, difusión en pastillas, etc., Tecnología Química de la U. N. de San Luis.

El estudio del catalizador en escala banco se realiza en universidades, con estos datos se tendrá la selección primaria del catalizador y la selección final y estudio de variables de proceso se hará en la planta piloto que está en construcción en el Departamento de Investigación y Desarrollo que Y. P. F. posee en Florencio Varela. De esta manera el propio usuario será el que haga los ensayos finales y la puesta a punto definitiva del material a usar en la escala industrial.

INVESTIGACION TECNOLÓGICA

Generalidades. Investigación en reformado de naftas

Los pasos que se dan para tener una planta industrial en funcionamiento son los siguientes: a) formulación y evaluación del proyecto, en base al estudio sobre necesidad del producto, posibilidades financieras, etc., b) ingeniería básica del proceso, constituye la tecnología en la que se basa el proceso, es el conocimiento particular para esa producción, c) ingeniería de detalle, es el diseño y construcción de los diversos elementos generales necesarios para este proceso y que tienen similitud a los requeridos en otros procesos, como tendido de cañerías, instalación eléctrica, instrumentación, obras civiles, etc. d) puesta en marcha y mantenimiento de operación de la planta.

La parte a) es de naturaleza técnico - económica y es realizada en cada lugar por quienes desean instalar la industria, la b) es científico - técnica, se realiza en pocos lugares debido a que requiere conocimientos y experiencia científico-técnica muy elaborada, la c) y la d) tienen una serie de realizaciones de carácter común con muchas industrias, por ello hay en todos los países empresas especializadas en ello.

El único de estos pasos que generalmente requiere investigación científico - técnica y desarrollo tecnológico es el b).

Como suele ser patrimonio de pocos países, en muchos casos es la tecnología que se importa.

En su evolución tecnológica los países que no están a la vanguardia del avance técnico están pasando por varias etapas bien definidas. La primera es la de importación de tecnología y su aplicación sin modificación alguna. La segunda es de adaptación de esa tecnología haciendo muchas veces una disminución de escala y optimizándola (pues en general es tecnología para gran producción y con varios años de antigüedad, por lo que no se le aplicaron los conocimientos que aparecieron posteriormente). Esta segunda etapa es intermedia hacia la tercera, la etapa de generación de tecnología. Ningún país puede eliminar totalmente las primeras etapas, pero se las puede reducir y realizar en forma conveniente. En nuestro país hay muchos casos de importación completa de tecnología, en los últimos años se están incrementando los casos en que la tecnología es adaptada y modificada y también están apareciendo casos en que toda o gran parte de la tecnología es generada localmente.

En el desarrollo de un proceso industrial suele faltar información adecuada sobre algunos puntos y es necesario investigar, realizando búsquedas bibliográficas exhaustivas y, si no se encuentra la solución, llevando a cabo las experiencias necesarias.

Un proceso involucra operaciones de carácter físico y reacciones químicas. En operaciones como transferencia de calor (intercambiadores de calor, evaporadores) se suelen diseñar los equipos necesarios en base a cálculos ampliamente difundidos y exactos y se requiere conocer ciertas propiedades de los materiales usados. Con respecto a la reacción química, es imposible predecir por cálculo la expresión cinética y el valor de sus constantes, son datos que generalmente no se encuentran en la bibliografía y hay que buscarlos experimentalmente. Estas experiencias son muy costosas aún cuando el

número es pueda reducir mediante la aplicación de técnicas matemáticas (estadística y simulación).

Un proceso nuevo o la mejora de uno preexistente muchas veces se basa en un nuevo catalizador. La actividad, selectividad y vida útil del catalizador se determinan únicamente mediante experiencias. Ellas son en escala banco y/o escala piloto, con sus resultados se puede calcular el caudal, composición, temperatura, presión, etc. de la corriente de salida del reactor y con estos datos dimensionar los intercambiadores de calor, columnas de destilación, etc. De esta manera en lo que fundamentalmente hay que realizar experiencias es en la reacción química, generalmente catalizada. En las otras operaciones habrá que desarrollar métodos computacionales para su diseño, y a veces realizar experiencias para determinar algunas propiedades físicas necesarias de las que no existen datos o correlaciones confiables para calcularlas. Además de las mejoras en el catalizador, el perfeccionamiento de un proceso existente se puede deber a la optimización mediante un estudio detallado de las diversas etapas del mismo, donde es pueden aplicar técnicas matemáticas desarrolladas últimamente.

En el caso de reformado de naftas, el proceso está condicionado por las propiedades del catalizador. Lo que se busca es aumentar la concentración de aromáticos en las naftas, ya sea para aumentarles su número de octanos o para separar de ellas el benceno, tolueno y xilenos. Las reacciones productoras de aromáticos son la deshidrogenación de nafténicos y la deshidrociclización de parafinas. Lateralmente pueden ocurrir otras reacciones y la selectividad del catalizador es fundamental para producir las deseadas. Para ello el catalizador debe tener función deshidrogenante (que poseen los metales del grupo del platino) y función isomerizante (que poseen los óxidos ácidos). El catalizador típico está formado por un metal noble —platino— soportado sobre alúmina. La acidez de la alúmina está promovida por el agregado de compuestos ha-

logenados de manera de transformarla en un buen catalizador de isomerización. Por ejemplo en la transformación del n-heptano, constituyente típico de una nafta virgen, en tolueno sobre este catalizador bifuncional, ocurren reacciones de deshidrogenación (sobre el catalizador de platino) y de isomerización (ciclización sobre el catalizador de alúmina halogenada).

A pesar que se han desarrollado catalizadores bastante selectivos, no se pueden eliminar reacciones laterales. Las principales son el hidrocrqueo de parafinas que da lugar a compuestos gaseosos (principalmente propano y butano) y la formación de depósito carbonoso (llamado coque) por polimerización de olefinas y aromáticos. El hidrocrqueo se disminuye halogenando parcialmente la alúmina para que tenga sólo propiedad isomerizante y no craqueante y el depósito carbonoso se disminuye trabajando con alta presión de hidrógeno de manera de hidrogenar los precursores del coque.

Un proceso típico con este catalizador trabaja con una relación de 5-10 moles de hidrógeno por mol de hidrocarburo y una presión total de unas 30 atm. Se han investigado gran cantidad de catalizadores, se encontró la ventaja que presenta sulfurizar el catalizador preparado y se encontraron ventajas usando catalizadores bimetalícos o multimetalícos. Particularmente interesante es el catalizador bimetalíco que además de platino posee renio. Este catalizador es menos sensible al depósito carbonoso, por lo que se puede trabajar a menor presión de hidrógeno, con las correspondientes ventajas mecánicas de la instalación y a la vez favorece la reacción de deshidrociclización.

INVESTIGACION EN DESARROLLO EN EL INSTITUTO
DE CATALISIS Y PETROQUIMICA DE LA FACULTAD
INGENIERIA QUIMICA

De acuerdo a lo resuelto por el Comité Nacional de Catálisis se toma como punto de partida el catalizador Pt/alúmina - halógeno, sulfurizado, el que está en uso en varias plan-

tas del país. Si bien hay plantas que trabajan con más severidad y usan catalizadores bimetálicos, se partió del primero pues se adapta a las condiciones de trabajo e instalaciones preexistentes y además la experiencia adquirida permitirá en un momento dado pasar a estudiar un catalizador bi o multi-metálico.

El trabajo en desarrollo en Santa Fe consta en esencia del agregado del metal sobre un soporte y su evaluación como catalizador. Esto constituye el programa n° 11 "Preparación del catalizador para reformado de naftas" de la programación de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional del Litoral, programa que se divide de la siguiente manera: 1) obtención del catalizador mediante el agregado metálico sobre el soporte y su promoción con cloro y azufre y 2) la evaluación de dicho catalizador determinándole: a) dispersión metálica y propiedades fisico-químicas; b) composición química y c) actividad catalítica, selectividad y estabilidad. Estas últimas son las propiedades tecnológicas útiles para el uso industrial del catalizador y se busca que sean las óptimas. La información de estas propiedades se recicla a la etapa de obtención del catalizador con objeto de determinar el método de preparación más adecuado. Al catalizador más conveniente se le hará un estudio detallado de la influencia de las variables de proceso: presión, temperatura, relación de hidrógeno, cloro, etc.

