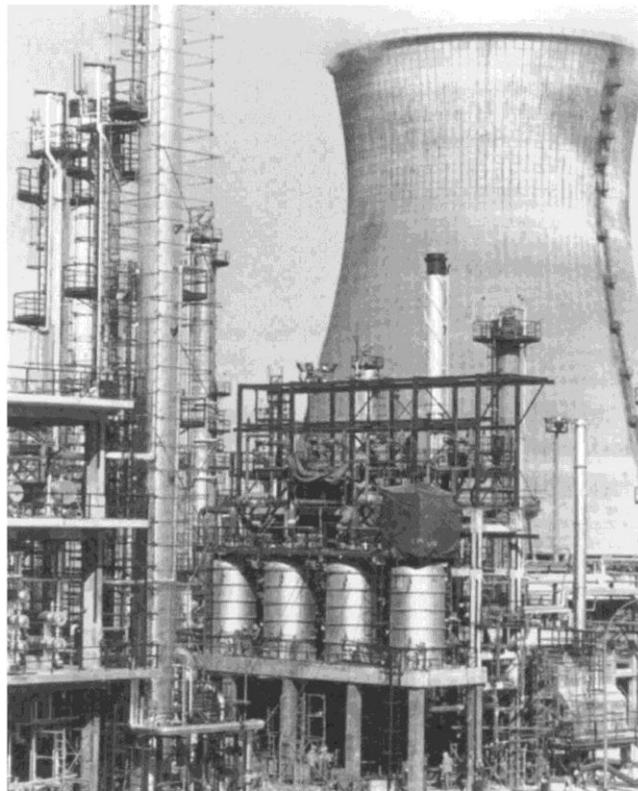




**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL ROSARIO  
DEPTO. DE INGENIERÍA QUÍMICA**

## **CATEDRA DE PROCESOS INDUSTRIALES**



# **INDUSTRIA DEL PETRÓLEO Y PETROQUÍMICA**

# INDUSTRIA DEL PETROLEO E INDUSTRIA PETROQUIMICA

## INTRODUCCIÓN

Se puede considerar que la industria del petróleo es la encargada de realizar los siguientes procedimientos:

- ▶ Prospección en busca de petróleo.
- ▶ Extracción del mismo.
- ▶ Transporte del petróleo y gas hacia las plantas de tratamiento (refinerías).
- ▶ Tratar a los mismos y producir una serie de productos terminados (naftas, gas oil, etc.), productos semi elaborados (cortes para lubricantes) y materias primas para la industria petroquímica (etileno, benceno, etc.)

A su vez, la industria petroquímica puede considerarse como una rama de la industria química que utiliza como materias primas productos derivados del petróleo o del gas natural (que procesará la industria del petróleo).

**Historia de la industria petroquímica:** la industria petroquímica es considerada como una industria muy reciente: nacida en los Estados Unidos alrededor del año 1920, no era aún conocida en Europa antes de la segunda guerra mundial. Pero, por el contrario, su desarrollo, sobre todo después de 1945, ha sido sumamente rápido. En los Estados Unidos, en el año 1925, la fabricación de productos derivados del petróleo o del gas natural representaba únicamente el 0,1 % de la producción total de la industria química orgánica; en 1952 alcanzaba a las dos terceras partes de la producción total y en la actualidad la proporción es superior a las tres cuartas partes.

Evidentemente el desarrollo de la petroquímica está ligado al de la industria petrolera que le suministra las materias primas, pero en él ha influido también el aumento considerable del consumo de los principales productos de sus fabricaciones: plásticos, caucho, fibras, detergentes sintéticos, solventes, negro de humo, abonos nitrogenados, etcétera.

Aun en los países que poseen ya una industria química poderosa, el auge de la petroquímica se diferencia tanto en lo que se refiere a la fecha de su iniciación como a su ritmo actual. La orientación de dicha industria varía también mucho: algunos productores han desarrollado una gama más o menos completa de las fabricaciones petroquímicas; otros, por el contrario, han consagrado sus esfuerzos solamente a uno o dos productos. Las condiciones naturales, el potencial técnico, económico y financiero de cada país, las posibilidades y particularidades del mercado no son las únicas causas de estas diferencias. En efecto (y esto constituye una particularidad en relación con las otras industrias en general), la mayoría de los productos obtenidos por medio de la petroquímica pueden obtenerse también con otra materia prima (carbonización de la madera, fermentación alcohólica, hidrogenación y, sobre todo, coquización del carbón mineral). Una gran cantidad de

los productos que se obtienen actualmente del petróleo o del gas natural, se fabricaban hace ya mucho tiempo utilizando como materia prima el carbón.

Si bien algunas de las actividades de la petroquímica ofrecen el aspecto de una industria nueva que fabrica productos nuevos, otras, en cambio, en el plano técnico, están en competencia con la carboquímica. El nivel alcanzado por esta última, sus posibilidades frente a las exigencias siempre en aumento de la industria química, los precios de sus productos con relación a los de los derivados del petróleo, son elementos variables de uno a otro país, que influyen en el ritmo y en la orientación del desarrollo petroquímico. Por ejemplo, si no se recordara la tradicional potencia de la carboquímica alemana, resultaría inexplicable que el desarrollo de la petroquímica sea más antiguo, más rápido y más completo en Gran Bretaña que en Alemania.

Pero sería falso considerar a la petroquímica y a la carboquímica únicamente como dos grupos de fabricaciones antagónicas. En efecto, de la coquización del carbón mineral, cuyo fin principal es suministrar coque a los altos hornos, se obtienen subproductos (alquitran y gas), cuya existencia está ligada inevitablemente a la siderurgia y que resulta conveniente utilizar como materia prima química. En este caso el petróleo no es un competidor: representa una fuente suplementaria frente a las necesidades cada vez mayores que sobrepasan las posibilidades de la coquización.

A medida que nos alejamos de las fabricaciones básicas, los compuestos químicos se confunden de tal modo que resulta imposible atribuirles uno u otro origen. Gran número de fabricaciones orgánicas distintas que, en muchos países y durante largos años, se basaban únicamente en la carboquímica, constituyen en la actualidad un factor poderoso del desarrollo de la petroquímica. Por lo tanto la carboquímica es a la vez un obstáculo y una condición necesaria a los progresos de la petroquímica y evidentemente el balance de estas dos acciones contradictorias varía de un país a otro.

Además, como la petroquímica es reciente, resulta una industria en pleno movimiento. Todos los meses se construye una nueva fábrica, se perfecciona un nuevo procedimiento, se realiza una mejora técnica, se descubre un nuevo producto capaz de abrirle a la petroquímica un mercado hasta entonces insospechado.

## LAS GRANDES ETAPAS DEL DESARROLLO PETROQUIMICO

La historia de la petroquímica se divide en cuatro grandes períodos, que se caracterizan simultáneamente por la naturaleza de las fabricaciones, el ritmo del desarrollo y el área geográfica de este último.

Período entre las dos guerras: hasta el año 1920 la única industria petroquímica del mundo consistía en la producción de unas veinte mil toneladas de negro de humo, localizada en los Estados Unidos. Desde esa fecha comienza a desarrollarse lentamente la preparación de productos orgánicos derivados del petróleo o del gas natural.

En 1920, la Standard Oil instala en Bayway (Nueva Jersey), la primera fábrica industrial de isopropanol por hidratación del propileno. Poco tiempo después, la Carbón and Carbide comienza a obtener del etileno sus clásicos derivados, especialmente el glicol. Hacia 1928, la Cities Service obtiene directamente metanol por oxidación del gas natural. En 1930, en Pittsburg (California) la Shell empieza a utilizar el hidrógeno obtenido por reforma del gas natural, para la síntesis del amoníaco. En el año 1935 el polietileno se prepara en laboratorio y tres años más tarde comienza su producción semi industrial. En este período, por lo tanto, se

establecieron las bases del gran desarrollo que pronto alcanzaría la petroquímica. Sin embargo, en todo el mundo, en los años comprendidos entre 1920 y 1940, la química del carbón estaba en pleno auge y podía satisfacer el pedido, cada vez mayor, de productos orgánicos y de amoníaco. En vísperas de la guerra la carboquímica alemana abarcaba ya la mayor parte de los sectores que la química estadounidense industrializaría después de 1940, mediante el empleo del petróleo o del gas natural como materia prima. Alemania y la antigua URSS producían ya grandes cantidades de toneladas de caucho sintético.

La petroquímica, en cambio, queda rigurosamente localizada en los Estados Unidos, donde su producción alcanza, en 1940, solamente a 600.000 toneladas. Los únicos productos que suministra al mercado en cantidades importantes son el negro de humo (260.000 toneladas) y el glicol; sus progresos están ligados al desarrollo del automóvil. Poco antes de la guerra, los primeros ensayos de fabricación de caucho sintético refuerzan aún más esta orientación de la petroquímica americana.

La segunda guerra mundial: a consecuencia de la guerra, y especialmente después del año 1942, en los Estados Unidos se aceleró mucho el ritmo del desarrollo de la petroquímica. La producción pasó de 230.000 toneladas (excluidos los productos inorgánicos y los aromáticos) a 1.270.000 toneladas en 1944 y a 1.400.000 toneladas en 1945. El aumento brusco de pedidos de muchos productos indispensables para el esfuerzo bélico (caucho, explosivos, solventes, etc.), fue una de las causas principales de este notable progreso. La materia prima requerida por un aumento tan considerable de producción podía obtenerse más rápidamente con las industrias del petróleo y del gas natural que con la coquización de la hulla. A menudo los procedimientos existían ya, habían sido perfeccionados algunos años o algunos meses antes, pero se aplicaban tan sólo en una escala semi industrial. La intervención gubernamental permitió acortar los plazos normales necesarios para alcanzar una producción en masa, confiando al Estado mismo la construcción y explotación de las nuevas fábricas o bien asegurando un mercado abundante a los productores, que no tuvieron así ninguna preocupación económica para la colocación de sus productos.

Esta política favoreció principalmente la fabricación de caucho sintético. En menos de tres años, el Estado construyó catorce fábricas de caucho SBR con una capacidad global de 700.000 toneladas por año. La preparación del butadieno tomó una extensión considerable, pero ya no se basó solamente en la deshidrogenación del butileno, sino también en el craqueo del butano, procedimiento perfeccionado por la Standard Oil en el año 1943. En ese mismo año la Standard de Nueva Jersey comenzaba, en Bâton-Rouge, la fabricación industrial del caucho butilo. Poco después, dos de sus filiales se instalaban en Texas, en Baytown (Humble Oil & Refining Co.) y en el Canadá, en Sarnia (Imperial Oil Co.). Las primeras fábricas de SBR se remontan también hasta dicha época. En 1945 los Estados Unidos produjeron 820.000 toneladas de caucho sintético, que representaban más o menos el 60 % de su producción petroquímica.

También a consecuencia de la guerra, la industria del hidrógeno se orientó aún más hacia el gas natural. De nueve fábricas puestas en servicio en este período, siete utilizaban el hidrógeno obtenido por reforma del gas natural. La producción del negro de humo aumentó nuevamente, alcanzando a 477.000 toneladas en 1945, o sea un aumento del 85 % en cinco años, contra un 49 % en los diez años comprendidos entre 1930 y 1940. Finalmente, a causa de la guerra la petroquímica de Estados Unidos entró en el dominio de fabricaciones que hasta ese momento utilizaban otras fuentes de materias primas. De este modo se desarrolló considerablemente la extracción de aromáticos de petróleo, especialmente para

cubrir las necesidades siempre mayores de la industria de guerra en explosivos derivados del tolueno. En los Estados Unidos, el período comprendido entre los años 1940 y 1945 se caracterizó por el aumento en masa de las fabricaciones petroquímicas y por su diversificación.

La petroquímica se desarrolla durante la guerra también en Canadá (45.700 toneladas de caucho sintético en 1945); se instala en Inglaterra, donde en 1942 comienza la fabricación de alquilsulfatos de sodio, y llega a la URSS, donde se construyen varias fábricas para la obtención de aromáticos de petróleo. Pero todo esto tiene poca importancia en comparación con la inmensa transformación operada en la química orgánica en América del Norte.

Postguerra: después de la guerra la petroquímica estadounidense siguió progresando, pero con un ritmo más lento que en el período anterior. En efecto, en los Estados Unidos la producción de derivados orgánicos del petróleo y del gas natural pasa de 1.720.000 toneladas fabricadas en 1946 a 3.000.000 de toneladas en 1950, o sea un aumento del 76 % en cuatro años contra un aumento del 661 % en el período comprendido entre 1942 y 1946. Esta disminución se debe a las perturbaciones que la reconversión post guerra originó en la economía americana.

Además la fabricación de ciertos productos se había desarrollado merced a una situación especial que relegaba a un segundo plano las nociones de costo y competencia. Estas fabricaciones no pudieron resistir la vuelta a las condiciones económicas normales, bien pronto agravadas por la crisis de 1948-1949, que se hizo sentir más en América del Norte que en Europa.

El caucho sintético representa el caso más típico; su producción disminuyó de 820.000 toneladas en 1945 a 393.000 toneladas en 1949. La mitad de las plantas que fabricaban S.B.R dejaron de producir. En el Canadá, entre los años 1946 y 1949, esta producción disminuyó en un 20 %. La producción de negro de humo quedó estacionaria (564.000 toneladas en 1946; 555.000 toneladas, en 1949). Por el contrario, la química del etileno y del propileno siguió desarrollándose y aumentando sus actividades. Hasta este periodo se remonta, en efecto, la iniciación o el paso al estado industrial de muchas fabricaciones importantes como la del óxido de etileno por oxidación directa, del polietileno, del poliestireno, de la glicerina sintética, etc.

Aumentó la extracción de aromáticos de petróleo (benceno y xilenos más bien que tolueno), pues la disminución de la siderurgia puso en evidencia la insuficiencia de la fuente carboquímica. A pesar de su importancia, este desarrollo se vio frenado, en cierta forma, por la falta de decisión de los productores de Estados Unidos frente a las incertidumbres del mercado en 1948-1949.

Esta inestabilidad se reproduce en Europa, donde inmediatamente después de la guerra se elaboraron planes para desarrollar una industria petroquímica, a pesar de lo cual ninguna fábrica comenzó a funcionar antes de fines de 1949. El problema era más complejo en Europa que en los Estados Unidos. La necesidad de reconstruir (especialmente las refinerías) antes de desarrollar, era, en muchos países europeos, un factor de retraso desconocido en América del Norte. Además, el pasado de la carboquímica europea y la incertidumbre con respecto al posible aumento de pedidos en un futuro próximo, hacían que resultara difícil apreciar el papel que representarían el carbón y el petróleo en el desarrollo de la química orgánica, cuestión que, ante el imperativo de las circunstancias, había sido resuelta rápidamente en los Estados Unidos durante la guerra.

Años posteriores a 1950: la estabilización económica, la guerra fría, la de Corea y, en Europa Occidental, el final de la reconstrucción industrial, pusieron fin a esta incertidumbre y falta de decisión. En los Estados Unidos en el año 1950 se inicia el

gran desarrollo de la petroquímica. La producción de derivados orgánicos del petróleo y del gas natural, que era de 3 millones de toneladas en 1950, aumentó a 9 ó 10 millones de toneladas en 1956, cifra que representaba más de la cuarta parte de toda la producción química norteamericana y más de las tres cuartas partes de la producción de la química orgánica.

La producción de negro de humo aumentó de 555.000 toneladas en 1949 a 782.000 toneladas en 1955. La producción de amoníaco sintético a base de hidrógeno petroquímico, que era de 900.000 toneladas en 1951 (es decir el 50 % de la producción total de amoníaco), alcanzó en 1956 a 2.500.000 toneladas (o sea más del 80 %). Las fábricas de caucho sintético, que habían cerrado, comenzaron a funcionar nuevamente. La producción de caucho, que era de 400.000 toneladas en 1949, alcanzó en 1956 la cifra de 1.100.000 toneladas, a pesar de lo cual en dicha época representaba solamente el 10 % de la producción total de la petroquímica estadounidense, mientras que en el año 1945 era más o menos el 60 % de la producción total. Durante los últimos años la petroquímica estadounidense perdió el carácter de industria íntimamente ligada al desarrollo del automóvil, que tenía en sus comienzos. La diversificación de sus actividades, en constante aumento, la coloca en la base de casi todos los productos de la industria química orgánica.

En Canadá la petroquímica ha seguido el mismo ritmo que en los Estados Unidos. Su producción se duplicó entre 1948 (alrededor de 150.000 toneladas, si se cuentan los derivados inorgánicos) y 1955 (300.000 toneladas) y en el período comprendido entre 1955 y 1956 aumentó en 100.000 toneladas. Este desarrollo continúa acentuándose: hasta 1951, el número de fábricas en actividad no era superior a tres, en 1954 dicho número se elevaba a 13, y a 23 en 1957. A fines de 1957 nueve fábricas estaban en construcción y otras cuatro se estaban instalando.

Pero la característica principal de este último período es el auge alcanzado por la industria petroquímica fuera de América del Norte. Hasta el año 1949, el único país de Europa Occidental que fabricaba productos químicos derivados del petróleo era Gran Bretaña. Su actividad en este dominio se intensifica desde 1950 -1951 con la puesta en servicio de tres fábricas de negro de humo; en Grangemouth, la Forth Chemical inicia sus fabricaciones en 1952; y en Ellesmere Port, la Associated Ethyl Co. en 1953. En Francia los comienzos efectivos de la petroquímica se remontan también hasta dicha época; en el período comprendido entre los años 1949 y 1954 se instalan ocho fábricas y tres plantas de nitrógeno se equipan para utilizar el hidrógeno del petróleo o del gas natural. En 1952 y 1953 se instalan en los Países Bajos la fábrica de Pernis, cerca de Rotterdam, y en Italia, las de Novara y Ferrara. En Alemania la industria petroquímica comienza más tarde; sólo en 1954 empieza a funcionar la fábrica Zweckel de la Sociedad Phenol-chemie y la Farbwerke Hoechst utiliza el gas natural.

A pesar de la importancia de este desarrollo, tanto en Europa como en América del Norte, los años 1955 y 1956 se caracterizan por un nuevo aumento en el ritmo de producción de la industria petroquímica. De 1955 en adelante se multiplican los proyectos que hacen que en 1956, y sobre todo en 1957, entren en servicio gran número de plantas. Todo parece indicar que este desarrollo proseguirá en un futuro próximo. En efecto, en los países pertenecientes a la Comunidad Económica Europea, cuyo aumento de producción desde 1953 es de un promedio de 100.000 toneladas anuales (de carbono contenido en los productos considerados), se realizó un aumento total de 560.000 toneladas en los dos años 1957 y 1958. La industria petroquímica en Europa Occidental se caracterizó desde sus comienzos por la gran variedad de productos fabricados: detergentes, solventes, plásticos, fibras sintéticas, amoníaco, derivados principalmente del etileno, del propileno y, el último, del metano. La primera fabricación petroquímica realizada en

los Estados Unidos, el negro de humo, comienza ahora a producirse en Europa Occidental, excepto en Inglaterra, donde data de 1950. Lo mismo ocurre con el caucho sintético: las fábricas de Francia, Alemania, Italia y Gran Bretaña, estaban aún en construcción en 1957. La obtención de aromáticos del petróleo es también un hecho reciente en el Viejo Continente. Existen profundas diferencias entre Europa y América del Norte, con respecto al orden de iniciación de las distintas fabricaciones petroquímicas, diferencias que se deben evidentemente a los caracteres propios del mercado y al espacio de 10 a 15 años que separa los dos períodos de desarrollo. Sin embargo, este mismo lapso ha permitido a la industria europea recuperar el tiempo perdido, no en tonelaje de producción pero sí en perfeccionamientos técnicos.

Actualmente, en algunos aspectos, Europa parece aventajar a los Estados Unidos: por ejemplo, es en Italia donde parecen avanzar más rápidamente las investigaciones sobre la polimerización del propileno y del butileno.

A este reciente impulso del desarrollo de la petroquímica en Europa Occidental, corresponde su verdadera iniciación en la antigua Unión Soviética, donde las fabricaciones en el período de la guerra eran escasas en comparación con el desarrollo actual. Rumania y Japón figuran también entre los países en los que la petroquímica, alcanza rápidamente gran importancia. En los años posteriores a 1950, la petroquímica empieza a expandirse también en casi todo el mundo. Se trata, principalmente, de la industria del hidrógeno, que se basa en el petróleo o en el gas natural. En 1951 entran en funcionamiento las fábricas de Cuautitlán (México) y de Suez. En aquellos países también aumentan las realizaciones y los proyectos a medida que nos acercamos al período actual.

## HISTORIA DE LA INDUSTRIA QUIMICA Y PETROQUIMICA EN LA ARGENTINA

La industria química argentina antes de 1942 : la evolución de la industria química en Argentina, desde fines del siglo XIX, puede analizarse a través de la información relevada por distintos censos nacionales, según se indica en el cuadro adjunto.

<b>EVOLUCIÓN DE LA INDUSTRIA QUIMICA ARGENTINA</b>	
<b>AÑO</b>	<b>NÚMERO DE ESTABLECIMIENTOS QUIMICOS</b>
1895	317
1914	567
1935	931
1941	1399
1946	2103
1950	1837
Fuente: INDEC	

En 1888, José María Palma instaló en Zárate, provincia de Buenos Aires, la primera fábrica de dinamita, integrada con plantas productoras de ácidos sulfúrico, nítrico y clorhídrico. Fue éste el primer complejo químico que tuvo el país. Posteriormente, dicho establecimiento fue rebautizado con el nombre de "La Diana", y se agregó la producción de sulfatos de cobre y de hierro.

En 1890 se inició en San Juan la fabricación de sulfato de cobre, lo que incidió en el aumento de la producción de vid, al poder combatirse eficazmente

ciertas enfermedades de los vegetales.

En 1891, en Baradero, provincia de Buenos Aires, se produjo alcohol etílico partiendo de maíz. Posteriormente, esta planta pasó a ser propiedad de la firma Refinerías de Maíz.

En 1906 se fundó la fábrica de cartuchos y municiones Orbea.

En 1909 comenzó la producción de ácido acético a partir de acetato de calcio importado. En ese mismo año se produjo oxígeno en pequeña escala industrial.

En 1912 la Compañía Primitiva de Gas puso en marcha una planta de ácido sulfúrico, por el proceso de cámaras de plomo, utilizando azufre recuperado de la producción del gas de alumbrado. Su capacidad era limitada y su construcción rudimentaria.

En 1913, Refinerías de Maíz comenzó a fabricar, en Baradero, productos derivados del maíz.

En 1914 la empresa francesa L'Air Liquide funda La Oxigena, en Buenos Aires. Se inició con la producción de oxígeno. Posteriormente, comenzó la obtención de otros gases industriales. También en 1914 entró a funcionar la primera destilería de petróleo estatal en Comodoro Rivadavia.

En 1917 Obras Sanitarias de la Nación inicia la producción de coagulantes para potabilizar agua, en sus instalaciones de La Recoleta, en la ciudad de Buenos Aires. Posteriormente, construyó en Béccar, provincia de Buenos Aires, una planta de coagulantes de mayor capacidad.

En 1920, Svenska Aktiebolaget Gasaccumulator, de Estocolmo, Suecia, fundó la empresa A.G.A. del Río de la Plata, para la producción de oxígeno y otros gases industriales.

También en 1920 Luis Grassi comenzó, cerca de Rosario, la producción de varios plaguicidas.

La primera Guerra Mundial trajo como consecuencia que desapareciera la indiferencia con que se consideraba a la industria química. A pesar de esto, no se la puede considerar definitivamente afianzada, pues una vez que finalizó la contienda la exención de derechos de aduana para los productos que ingresaban por los puertos ubicados en la Patagonia y la eliminación de leyes protectoras, provocaron el cierre de numerosas empresas.

Los industriales lucharon para obtener protección oficial y consiguieron, en 1922, la firma de un decreto por el cual se concedía, en las licitaciones públicas, preferencia a los productos nacionales.

En 1923 J. Palazzolo inició la producción de hiposulfito de sodio. En ese mismo año, Obras Sanitarias de la Nación integró su producción de coagulantes en Béccar con la instalación de una planta de ácido sulfúrico, por el método de cámaras de plomo, de 40 toneladas/día de capacidad y se independizó de la provisión del mercado, que en esos momentos, era costosa.

En 1924, la firma Bunge y Born ingresó en la industria química al comprar en subasta pública el establecimiento La Sulfúrica de Sarandí, provincia de Buenos Aires, que pasó a operar bajo la denominación de Sociedad Anónima Comercial e Industrial Rivadavia.

En 1925, Yacimientos Petrolíferos Fiscales (YPF), inaugura su primera destilería de petróleo, en la localidad de Ensenada, provincia de Buenos Aires, cercana a la ciudad de La Plata, y comienza a producir nafta de aviación, nafta común, querosén y fuel oil. También en 1925 finaliza sus actividades el establecimiento La Diana.

En 1928, ICI, representante en la Argentina de Imperial Chemical Industries del Reino Unido, se asoció con la Compañía Rivadavia con el 40% de las acciones y decidió, como primer paso, la instalación de una planta de ácido sulfúrico, por el

método de contacto. Fue la primera planta en América Latina que usó este proceso catalítico.

También en 1928, Refinerías de Maíz fue adquirida por Corn Products Corp. de EUA, e inició, en 1929, la fabricación de glucosa por hidrólisis de almidón de maíz.

Cuando nacen los pioneros de la industria petroquímica argentina – en los primeros años de la década del 40 – el país ya contaba con un razonable parque de industrias químicas.

Un variado desarrollo se produjo entre 1930 y 1940, período de años muy complicados para Argentina. La década comenzó con el impacto local de la grave crisis financiera, que había tenido su origen en 1929, en la quiebra de centenares de bancos en los EUA y en la gran depresión posterior, que se propagó por todo el mundo. En medio de un clima económico enrarecido, se produjo el golpe militar del 6 de septiembre de 1930, que derrocó al gobierno constitucional de Hipólito Yrigoyen. Pero si el comienzo de esta década fue difícil, las cosas no mejoraron al promediar la misma. La segunda Guerra Mundial ya era un hecho para los europeos. Esta circunstancia tuvo decisiva influencia en la construcción de nuevas plantas químicas en Argentina y en la consolidación de las ya existentes.

En ese período, se produjeron en el campo de la industria química argentina los siguientes acontecimientos:

- ▶ En 1930, Du Pont de Nemours, de los EUA, compró la fábrica de sulfuro de carbono de Borzone y Marengo, que se había construido en 1920. Estaba ubicada en Gerli, provincia de Buenos Aires.
- ▶ En ese mismo año se puso en marcha una planta de ácido sulfúrico catalítico de la Compañía Rivadavia.
- ▶ En 1931, entró en funcionamiento el establecimiento de Celulosa Argentina, en la localidad de Juan Ortiz (hoy Capitán Bermúdez), en nuestra provincia, para la elaboración de papel partiendo de paja de trigo. Ello fue consecuencia de un desarrollo tecnológico italiano observado por un grupo de hombres de negocios, en un viaje de turismo por la península. Luego de tomar contacto, con un técnico italiano especializado en el tema, iniciaron en Argentina un emprendimiento similar. Instalaron celdas electrolíticas de diafragma para proveerse de cloro y soda cáustica en forma cautiva.
- ▶ En 1932, la firma Bunge y Born fundó Compañía Química, que comenzó a comercializar el ácido sulfúrico que le correspondía de lo producido por la Compañía Rivadavia, junto con otros productos químicos importados.
- ▶ Ese año, Rhône-Poulenc estableció en Buenos Aires la Sociedad Química Rhodia Argentina, que comercializaba los productos importados de su casa matriz, ubicada en Francia.

Fue elocuente el hecho de la radicación de esta compañía francesa en el mismo período en que la británica ICI, la estadounidense Du Pont de Nemours, y la argentina Bunge y Born, planeaban activamente el desarrollo de industrias químicas. Esto refleja el atractivo que ejercía, en esos momentos en el campo industrial, la República Argentina.

- ▶ En 1933, Luis Grassi comenzó a fabricar en Pueblo Esther, provincia de Santa Fe, ácido sulfúrico, ácido nítrico, sulfuro de carbono y otros productos químicos.
- ▶ En 1934, se creó Sudamtex, empresa textil que, más tarde, en la década de los 60, instalaría en Azul, provincia de Buenos Aires, una planta de fibra poliéster.

En 1935, comenzó en el país un período de fuerte crecimiento industrial. Se detallan a continuación los hechos más salientes ocurridos en el campo de la industria química:

- ▶ Rhodiaseta Argentina inició la producción de rayón acetato y marca con ello, el comienzo de la industria de fibras artificiales en el país.
- ▶ Du Pont de Nemours y ICI fusionan sus actividades y fundan Duperial. Su primera acción fue adquirir el 60% restante de La Sulfúrica de Sarandí. Además, la integraban Barraca Amberes y otras instalaciones.
- ▶ También en 1935 se creó Ducilo, en la que participaban Duperial con el 72,25% del capital y Bunge y Born con un grupo francés, Le Comptoir Textile, con el 27,75% restante. La nueva empresa se dedicaría en Berazategui, provincia de Buenos Aires, a la producción de rayón viscosa y más adelante de celofán, ambos a partir de celulosa.
- ▶ En 1936, Rhodia instaló en Quilmes, provincia de Buenos Aires, su laboratorio de especialidades medicinales, para la obtención de sales de bismuto, iodo, ácido acetilsalicílico, éter industrial y anestésico, sulfatos de sodio y de magnesio, tipo farmacopea.
- ▶ Compañía Química, asociada a Kuhlmann de Francia, inaugura su primer complejo químico en Dock Sud, provincia de Buenos Aires, para producir ácido sulfúrico, óleum, cloro y soda cáustica. Luego incorporó la producción de ferrites, fertilizantes y potasa cáustica. Además, comenzó a producir ácido tartárico en General Gutiérrez, provincia de Mendoza.
- ▶ También en 1936 Duperial inicia en Gerli, provincia de Buenos Aires, la producción de pinturas y se establece en el país Ferro Enamel Argentina, productora de esmaltes vítreos y pigmentos para las industrias cerámicas, de enlazados y plástica.
- ▶ En 1937, Duperial inauguró en Palmira, provincia de Mendoza, una planta de ácido tartárico y amplió en Gerli su planta de sulfuro de carbono.
- ▶ Ese año, Ducilo comenzó a operar su establecimiento de Berazategui, con la fabricación de rayón por el método de la viscosa.
- ▶ Se crea la Fábrica Militar de Pólvoras y Explosivos Villa María, en la ciudad del mismo nombre, en la provincia de Córdoba.
- ▶ En 1938, se establece Atanor Industrias Químicas Argentinas, formada por capitales nacionales, con el propósito de producir materias primas básicas a partir de insumos locales, para evitar los previsibles desabastecimientos que surgirían como consecuencia de la inminente guerra.
- ▶ Celulosa Argentina disponía de importantes excedentes de cloro que la impulsaron a constituir una sociedad con Duperial para su utilización. Electroclor (como se denominó la empresa) se instaló en Capitán Bermúdez, adyacente a Celulosa Argentina, para producir cloro líquido, ácido clorhídrico, hipoclorito de sodio, cloroformo, amoníaco anhidro y agua amoniaca.
- ▶ Duperial comenzó en La Sulfúrica de Sarandí, la producción de polisulfuro de calcio, utilizado como fungicida.
- ▶ En 1939, Atanor comenzó a construir su conjunto industrial en Munro, provincia de Buenos Aires, a sólo 20 km de la Capital Federal, que le permitiría estar muy cerca de sus principales mercados.
- ▶ Villa, Aufrich y Cía. empezó a operar una pequeña planta de agua oxigenada por vía electrolítica, con una capacidad de 3 toneladas mensuales. Fue la primera planta de dicho producto químico instalada en Argentina.
- ▶ Rhône-Poulenc se asoció con capitales argentinos y fundó La Acética, empresa que adquirió la destilería de maíz de Baradero, provincia de Buenos Aires, con el

objeto de producir ácido acético, por oxidación catalítica de alcohol etílico.

Al iniciarse la Segunda Guerra Mundial, disminuyó drásticamente la importación de muchos artículos esenciales y esto contribuyó, indudablemente, al crecimiento de la industria química argentina.

- ▶ La demanda de ácido fosfórico y sus sales era muy limitada en Argentina; sin embargo, Villa, Aufricht y Cía. emprendió su producción en Mataderos, en la ciudad de Buenos Aires, empleando el método más viable en esos momentos, que consistía en el tratamiento de cenizas de huesos con ácido sulfúrico.
- ▶ En 1940, Luis Grassi inauguró la primera planta de carburo de calcio que funcionó en Argentina. Al año siguiente se trasladó a Río Tercero, provincia de Córdoba.
- ▶ Atanor comenzó, en Munro, a producir agua oxigenada de 100 a 130 volúmenes, obtenida por método electrolítico.
- ▶ Duperial instaló una planta de sulfato de aluminio por el sistema Dorr, a partir de bauxita importada.
- ▶ En 1941, Industrias Químicas Raimundo Richard inició su actividad con la producción de clorato de potasio y posteriormente de sodio metálico.
- ▶ Duperial, con sulfato de sodio de Ducilo (subproducto del rayón viscosa) puso en marcha una planta para la producción de sulfuro de sodio, agente depilante en la industria del cuero, que funcionó únicamente durante cuatro años, dado que después de la guerra no hubo protección aduanera. También inició la producción de cremor tártaro en Palmira, provincia de Mendoza y de agua amoniaca en Sarandí, provincia de Buenos Aires.
- ▶ La Acética comienza la producción de ácido acético en su planta de Baradero, con una capacidad de 150 toneladas por mes. Durante la guerra, hubo escasez de acetona, que se produjo por vía catalítica partiendo de ácido acético.
- ▶ Atanor pone en marcha, en la localidad de Munro, sus plantas de éter etílico, ácido acético, acetaldehído y acetatos de metilo, etilo y amonio, productos que faltaban en plaza. Para ello, utilizó como materia prima alcohol etílico producido en una destilería en Tucumán, a partir de caña de azúcar. Gracias a estos productos otras empresas pudieron continuar fabricando pinturas, lacas, barnices, celofán, manufacturas del caucho, textiles y otros.
- ▶ Se estableció Meranol, en Villa Madero, provincia de Buenos Aires, para producir sulfato de aluminio.

Historia de la industria petroquímica argentina: a principios de la década del 40, la guerra dejó de ser una lucha sólo entre países europeos y se extendió a todo el planeta. En diciembre de 1941 la flota de Japón atacó la base de Pearl Harbor, en el Pacífico, lo que implicó de hecho la declaración de guerra a los EUA. Desde ese momento el mundo entero fue escenario del conflicto.

Este hecho trajo como consecuencia el agravamiento en el abastecimiento de insumos para las distintas industrias del país, lo que impulsó el uso de materias primas locales. La guerra se sentía cada vez más en el país. Faltaban artículos y productos de todo tipo. Las fábricas locales producían cemento en cantidad suficiente como para atender la demanda, pero faltaba acero para elaborar hormigón armado y también para fabricar maquinaria y distintos artefactos para el hogar. El precio de las barras de hierro para la construcción, que en 1939 había sido de 30 centavos, pasó la barrera de los 3 pesos.

También había escasez de combustibles y neumáticos. Se utilizaron las vías de los tranvías para que circularan sobre ellas, sin neumáticos, los "autos colectivos". La falta de petróleo y de carbón obligó a quemar marlo de maíz en las

calderas de las locomotoras de vapor. Surgió así la idea de elaborar en San Nicolás, provincia de Buenos Aires, un “carburante nacional” para motores de autos y camiones, con alcohol anhidro obtenido a partir de la fermentación del maíz.

Ante la falta de suministros importados se soldaba con alambres viejos, en reemplazo de electrodos para soldadura. Las dificultades de abastecimiento y la posibilidad de un colapso económico eran tales que obligaron al entonces presidente Castillo a crear, en agosto de 1941, la Flota Mercante del Estado.

Hasta ese momento el comercio exterior se realizaba en su mayoría en barcos mercantes ingleses, italianos, franceses, alemanes, griegos y norteamericanos. La intensidad y la generalización del conflicto causaron la disminución del tráfico de los navíos pertenecientes a los países beligerantes. Argentina no podía exportar sus productos (trigo, maíz, cueros, lanas y carne vacuna) ni recibir las materias primas y las manufacturas importadas necesarias. En 1941, el Ejército Argentino creó la Dirección General de Fabricaciones Militares, como un instrumento para producir armas, explosivos y materias primas estratégicas. A su frente colocó al coronel Manuel N. Savio, una de cuyas primeras medidas fue disponer la producción de tolueno, en Campana, provincia de Buenos Aires. De esa manera nacía la petroquímica argentina.

El coronel Savio también comenzó la planificación para levantar una fábrica de acero. En forma simultánea, Acindar inició en Rosario la construcción de una acería con equipos traídos de Chile. Las primeras pruebas se hicieron a fines de 1942 y la primera colada de acero se produjo un año más tarde.

Ante la carencia de suministros Fabricaciones Militares decidió producir tolueno, producto necesario para obtener trinitotolueno (TNT), explosivo empleado en la elaboración de cargas de artillería, agentes de voladuras y bombas de aviación. Por ese motivo, el 26 de agosto de 1942, se creó la Fábrica Militar de Tolueno Sintético, que se construyó en las cercanías de la ciudad de Campana, provincia de Buenos Aires, entre el río Paraná de las Palmas y la ruta nacional 9. A fines de 1943, se inició la producción, luego de más de un año de estudios y el montaje de las instalaciones.

Al principio, comenzó a operar como una planta piloto, con cortes especiales de nafta, obtenidos de petróleo procedente de Comodoro Rivadavia. El proyecto y el montaje fueron realizados por personal argentino, no obstante de tratarse del primer establecimiento en su género que se instalaba en nuestro país.

Años más tarde, el 26 de agosto fue instituido como el Día de la Industria Química y Petroquímica, que la comunidad petroquímica celebra anualmente.

El éxito logrado en esa etapa fundacional y el posterior aumento de la demanda de tolueno hicieron que, al poco tiempo, la Dirección General de Fabricaciones Militares decidiera la ampliación y el reequipamiento de la planta.

En 1946, se instaló una planta de reforma catalítica, ya en escala industrial, diseñada por Kellogg Co, de los EUA, empresa líder en reforma catalítica. En la planta se obtenían benceno, tolueno, xilenos, motonaftas, aeronaftas y solventes.

Un par de años antes, en 1944, YPF instalaba en su Destilería San Lorenzo, cercana a Rosario, una planta de isopropanol de 1200 toneladas de producción por año a partir de propileno de gas de refinería. Esta unidad puede ser considerada como la primera planta petroquímica de escala industrial en Argentina. La planta, cuyo proceso fue desarrollado por técnicos de YPF, que años más tarde formaría el Laboratorio de Florencio Varela, surgió de la necesidad de contar con acetona, entonces de importante demanda como solvente y como aditivo para la desnaturalización de alcohol etílico.

Asimismo, en los laboratorios de YPF, se produjo por primera vez en Argentina tetraetilo de plomo, cuya provisión era escasa a raíz del conflicto.

Ambas plantas, la de tolueno de la Dirección General de Fabricaciones Militares y la de isopropanol de YPF, si bien de pequeña escala, tuvieron el mérito de haberse desarrollado con recursos locales, con el importante apoyo técnico de profesionales emigrados de Europa, que permanecieron en el país y que luego participaron en distintos emprendimientos químicos y petroquímicos.

Las dos plantas fueron pioneras de la petroquímica argentina y de América Latina.

Desde 1942 a 1957: la sustitución de importaciones y la creación del mercado: a partir del fin de la segunda Guerra Mundial, la República Argentina adoptó la política de sustitución de importaciones, con la que privilegió el concepto de seguridad de abastecimientos. Las experiencias vividas durante el conflicto y la posibilidad latente de una tercera guerra, dadas las fuertes discrepancias entre el mundo comunista y el mundo capitalista, daban sustento a dicha política.

La guerra fría entre los EUA y la Unión de Repúblicas Socialistas Soviética (URSS) era una clara señal que ambas potencias lanzaban para que los principales países se alinearan detrás de ellas cuando el conflicto estallara. La guerra de Corea comenzó en 1950 y la posibilidad de un nuevo empleo de la bomba atómica, por parte de EUA, tenía al mundo preocupado. En un bando estaban la URSS, China y Corea del Norte, mientras que en el otro se alineaban los EUA, Gran Bretaña y Corea del Sur, principalmente.

Después de 1946 se inicia la construcción de gasoductos troncales (el gasoducto Comodoro Rivadavia - Buenos Aires, se inauguró el 29 de diciembre de 1949) posibilitó la sustitución del gas manufacturado por el gas natural. Además, se amplió la Destilería La Plata de YPF, para abastecer la creciente demanda local de combustibles y lubricantes.

En 1944, se promulgó el Decreto 14.630, de protección y promoción a la industria, que instituía limitaciones a la importación de bienes similares a los fabricados localmente, establecía derechos aduaneros adicionales y cuotas de importación, así como también liberaba de base como la siderurgia y la petroquímica de derechos de importación a las materias primas y equipos para las industrias que fueran declaradas de interés nacional. Se trataba de una legislación moderada, establecida por una comisión integrada por la Unión Industrial, el Centro de Importadores y la Secretaría de Industria, porque admitía para las industrias declaradas de interés nacional, un máximo de protección aduanera del 7%, durante sólo cinco años. Con las ventajas de esta legislación, se llevaron a cabo numerosos proyectos producción de sustancias químicas plásticos y de fibras sintéticas, a partir de insumos importados o bien producidos localmente a partir de materias primas no petroquímicas.

En 1953, fue sancionada la Ley 14722 para la radicación de industrias de capital extranjero. Esta ley fue precursora de muchas otras, a lo largo de los últimos cincuenta años. Desde mediados de la década del 40 hasta mediados de la del 50, se registró un significativo crecimiento de las industrias ligadas directamente al consumo, tales como alimentos, bebidas, confecciones, papel y de otras vinculadas con bienes de uso tales como materiales de construcción, artículos del hogar, metal mecánicas, resultado de las políticas económicas implementadas en ese momento. En cambio, fue escaso el desarrollo de las industrias de base como la siderurgia y petroquímica.

Evolución de la petroquímica en el período 1944-1957: en general, en este período se instalaron plantas para atender a un mercado interno incipiente, con un tamaño adecuado a la reducida dimensión de la demanda. La población del país

apenas llegaba a 16 millones de habitantes, según el censo nacional de 1947.

Fueron épocas de una industria nacional cara y poco eficiente, pero también de la formación de una capacidad empresaria industrial, y de la creación de puestos de trabajo.

Uno de los problemas más graves que afrontaba la industria era la antigüedad de los equipos productivos, cuya renovación había sido imposible durante la guerra.

Finalizado el conflicto hubo posibilidades de reequipamiento hasta 1949 pero, desde 1950 en adelante, se repitió el problema, pero ahora por escasez de divisas.

La economía argentina ya no generaba las divisas suficientes para importar los bienes de capital y muchos de los productos intermedios que se necesitaban. En 1950, el país estaba ante una virtual cesación de pagos. Entonces, ya no existían las reservas de oro y divisas acumuladas durante la guerra en el Banco Central.

Mientras tanto, los países más importantes comenzaron a crecer en forma acelerada: primero los EUA y luego los de Europa Occidental. Al finalizar la guerra se inició un desarrollo explosivo de realizaciones tecnológicas en el transporte, las fuentes de energía, las comunicaciones y los materiales no tradicionales.

Los 20.000 millones de dólares del Plan Marshall ayudaron a dinamizar la inversión y el consumo en Europa Occidental y produjeron un gran proceso de industrialización.

Aparece en el mundo una nueva industria petroquímica, con productos que antes no existían, con calidades, cantidades y precios adecuados para abastecer diversas industrias, tales como la automotriz, la aeronáutica, la de materiales de construcción, la textil, la del vestido. Se utilizaban para ello las tecnologías desarrolladas durante la guerra y el conocimiento adquirido de producción en gran escala.

La República Argentina no estaba entonces en condiciones de competir, pues no disponía ni de tecnologías adecuadas ni de capitales suficientes y su incipiente industria atendía sólo a su pequeño mercado interno. Por consiguiente, se fue atrasando en el contexto internacional.

Sin embargo, muchos opinan que de no haberse adoptado la política de sustitución de importaciones, ninguna industrialización hubiera sido posible, pues los capitales no hubieran encontrado rentabilidad en inversiones industriales, dado el modesto mercado interno, sin ventajas comparativas importantes.

Veamos a continuación algunos hechos importantes de este período en la evolución de la industria petroquímica.

Recién creada, la Dirección General de Fabricaciones Militares decidió instalar en Córdoba una planta para aprovechar la energía eléctrica disponible y por la seguridad que daba su emplazamiento en el interior del país. En 1944, la Fábrica Militar de Pólvoras y Explosivos Villa María comenzó a producir nitrocelulosa, éter etílico rectificado, nitroglicerina, nitroglicol, mono, di y trinitrotolueno, ácido nítrico, ácido sulfúrico y óleum, además de diversos tipos de pólvoras y explosivos.

Otro hecho importante, ocurrido en 1944, fue la transformación de Atanor en una sociedad mixta, en la que el Estado, a través de la Dirección General de Fabricaciones Militares, tomó un tercio del capital. El objetivo de esta sociedad era la producción de caucho sintético, aunque se fabricaron durante la guerra otros productos de interés nacional.

También en 1944, Compañía Química inauguró su planta en Llavallol, provincia de Buenos Aires, donde producía herbicidas y productos de limpieza para el hogar. A partir de 1950, también comienza a producir insecticidas orgánicos. Su controlada, Salix, comenzaría más adelante la producción de ácido salicílico, materia prima para sintetizar el ácido acetilsalicílico o aspirina, en San Nicolás.

Cuadro de principales instalaciones petroquímicas 1942-1957			
PRODUCTO	AÑO	EMPRESA	LOCALIZACION
Tolueno – planta piloto	1942	DGFM	Campana, Buenos Aires
Isopropanol	1943	YPF	San Lorenzo, Santa Fe
Hexaclorobenceno Hexaclorociclohexano, Tricloroetileno	1946	Electroclor	Capitán Bermúdez, Santa Fe
BTX	1946	DGFM	Campana, Buenos Aires
Nylon 66	1948	Ducilo	Berazategui, Buenos Aires
Resinas fenol formaldehido	1948	Duperial	Gerli, Buenos Aires
Metanol, vía carboquímica	1949	Atanor	Río Tercero,, Córdoba
Resinas fenólicas y ureicas	1951	Duranor	Munro, Buenos Aires
Tricloroetileno	1951	Indupa	Cinco Saltos, Río Negro
Anhidrido ftálico	1952	Cía. Química	Llavallol, Buenos Aires
Plastificantes ftálicos	1954	Cía Química	Llavallol, Buenos Aires
Poliestireno	1956	Monsanto	Zárate, Buenos Aires
Hidrocarburos clorofluorados	1957	Ducilo	Berazategui, Buenos Aires
Tetracloruro de carbono	1957	Electroclor	Cap. Bermúdez, Santa Fe

A partir de entonces ocurren cronológicamente los siguientes hechos:

**1945:** Atanor comienza a producir hexametilentetramina en Munro, provincia de Buenos Aires.

**1946:** En la Fábrica Militar de Tolueno Sintético, en Campana, provincia de Buenos Aires, se instaló una planta de escala industrial para la obtención, no sólo de BTX (benceno, tolueno y xilenos) sino también de motonafta, aeronafta y otros productos.

**1947:** La Dirección General de Fabricaciones Militares (DGFM), constituyó el Grupo Químico Río Tercero, en esa localidad cordobesa, que comprendía las siguientes plantas: amoníaco por vía carboquímica, ácido nítrico, ácido sulfúrico, óleum, sulfato de amonio y nitrato de amonio. Más adelante, este grupo daría lugar a la Fábrica Militar Río Tercero.

Se formó Industrias Patagónicas (Indupa), asociación de Raimundo Richard con Péchiney, luego Rhône-Poulenc, para la fabricación de productos químicos en la

provincia de Río Negro.

Reysol comenzó a producir rayón viscosa en Zárate, provincia de Buenos Aires.

**1948:** Ducilo empieza a fabricar en Berazategui, provincia de Buenos Aires, hilado poliamídico, nylon textil, partiendo de polímero importado y también film celulósico o celofán.

Duperial puso en marcha en Gerli, provincia de Buenos Aires, una planta para producir resinas de fenol-formaldehído y polvos de moldeo formulados con las mismas.

**1949:** Atanor puso en operación en Río Tercero, provincia de Córdoba, la primera planta de metanol de Sudamérica, por vía carboquímica, y además plantas de formaldehído y de soda cáustica - cloro.

**1950:** Veresit comenzó la producción de estearatos metálicos, en Morón, provincia de Buenos Aires. Más adelante, agregaría a su línea estabilizantes para PVC y otras resinas, aditivos, agentes espumantes y compuestos orgánicos de estaño.

**1951:** Atanor se asoció con Monsanto, para fabricar en Munro, provincia de Buenos Aires, polvos de moldeo fenólicos y resinas fenólicas y ureicas, utilizando la tecnología de esa empresa de origen americano. La nueva empresa se denominó Duranor.

Inicia sus actividades Indupa, continuadora de Industrias Químicas Raimundo Richard, en Cinco Saltos, provincia de Río Negro, con los siguientes productos: soda cáustica, cloro, ácido clorhídrico y cloruro de calcio. Más adelante, agregaría acetileno, tricloroetileno, cloruro de vinilo y policloruro de vinilo (PVC).

Sniafa inició la producción de rayón viscosa en Plátanos, provincia de Buenos Aires.

**1952:** Rhodia adiciona a su producción bromuro de metilo destinado a fumigaciones. Compañía Química inauguró en Llavallol, provincia de Buenos Aires, una planta de anhídrido ftálico de 1.500 toneladas anuales de capacidad.

**1953:** Du Pont separó a nivel mundial sus negocios de los de ICI y la primera empresa se quedó en Argentina exclusivamente con Ducilo, mientras que ICI con Duperial y sus intereses en Electroclor.

La Fluorhídrica inició la producción de hidrocarburos clorofluorados para refrigeración.

**1954:** Compañía Química comienza a producir plastificantes ftálicos en Llavallol.

Atanor inicia la producción de DDT.

Monsanto Argentina comienza sus actividades en el país

**1955:** Atanor adquirió las acciones de su asociada Duranor y continuó las actividades con el nombre de Plásticos Atanor.

Fluoder, actualmente Tool Research, comenzó a producir hidrocarburos cloro fluorados.

YPF amplió y modernizó su Destilería La Plata con la puesta en marcha de las unidades de cracking catalítico y de coque, la primera de ellas única en el país. También se habilitaron unidades de topping, alquilación, polimerización y destilación al vacío.

**1956:** Industrias Refrigerantes Argentinas inicia la fabricación de hidrocarburos

clorofluorados.

Se pone en marcha la planta de poliestireno de Monsanto Argentina en Zárate, provincia de Buenos Aires, con una capacidad inicial de 3.700 toneladas anuales, a partir de estireno importado. Esta fue la primera producción de un polímero de origen petroquímico en la Argentina, para su utilización como insumo en la industria plástica.

**1957:** Ducilo inaugura en Berazategui, su planta de producción de hidrocarburos clorofluorados o freones, utilizando como materia prima tetracloruro de carbono y ácido fluorhídrico.

Compañía Química duplica la capacidad de su planta de cloro – soda cáustica en Dock Sud.

Atanor se asoció con Olin Mathieson Corporation de los EUA, formándose la empresa Mathieson Atanor dedicada a la formulación y comercialización de plaguicidas, cuyos principios activos sintetizaba Atanor.

Electroclor inicia la producción de tetracloruro de carbono en Capitán Bermúdez, provincia de Santa Fe.

Ipako instala su planta de producción de poliestireno en Florencio Varela, Provincia de Buenos Aires, que pondría en marcha al año siguiente

Evolución de la petroquímica en el período 1958-1969: en este período, el país se benefició con una vigorosa política de promoción que comprendió a diversas industrias, tales como la siderurgia y la metalurgia, la automotriz, la de la celulosa y del papel, la química y petroquímica, la electrónica. Todas estas actividades recibieron un notable impulso. Se puso especial énfasis en la utilización de materias primas locales como recursos forestales para pasta celulósica y papel e hidrocarburos para petroquímica. Uno de sus principales objetivos fue aumentar la producción de petróleo, que entonces se importaba en gran volumen (era el principal producto proveniente del exterior) con el consiguiente impacto en la balanza de pagos. En este período la producción de petróleo crudo se triplicó, pasando de 5,7 millones m<sup>3</sup>, en 1958, a 15,6 millones m<sup>3</sup>, en 1962 lográndose el autoabastecimiento. Durante esa época se produjo un fuerte desarrollo de YPF, a cuyo lado se expandieron compañías locales como Pérez Companc, Astra y Bidas, que actuaban entonces como contratistas de YPF

La expansión de la actividad petrolera fue acompañada por la ejecución de importantes obras de infraestructura como el gasoducto Campo Durán-Buenos Aires, el poliducto Campo Durán-San Lorenzo y el gasoducto Pico Truncado-Buenos Aires. Además, se ampliaron y modernizaron las refinerías de petróleo de YPF, Shell y Esso.

En el año 1961 se dictaron la Ley 14.780, de inversiones extranjeras y la Ley 14.781, de promoción industrial. Dentro del marco de esa última ley, se dictó el Decreto 5.039/61, de Promoción de la Industria Petroquímica, a la que se declaró de interés nacional, acentuándose la promoción para aquellas empresas que iniciaran su ciclo productivo con cortes de petróleo o gas natural y que produjeran preponderantemente productos químicos básicos.

Se establecían precios promocionales para las materias primas (a ser provistas en esencia por YPF) y, en contraposición, se fijaban medidas de protección arancelarias o cambiarias para los productos que se elaboraran con dichas materias primas.

Alentadas por esta legislación varias empresas internacionales instalaron plantas de productos básicos e intermedios. También se realizaron algunas inversiones de capital nacional, en asociación con capitales extranjeros, o con

licencias de producción externas. La inversión realizada en petroquímica, en el período 1958-1969, se estima en más de 300 millones de dólares, con la incorporación de producciones cercanas a las 500.000 toneladas anuales.

La mayor parte de los proyectos se gestaron al inicio de la década de los años 60, pues posteriormente se detuvo la concepción de nuevos proyectos petroquímicos, aunque continuó la construcción de los ya iniciados con anterioridad.

En particular, es en este período cuando nace realmente la petroquímica a la opinión pública y empieza a ser considerada como un sector industrial diferenciado y de interesante futuro. Varias de las nuevas empresas utilizaron la palabra petroquímica en sus nombres: Petroquímica Argentina S.A. (PASA), Industrias Petroquímicas Koppers (IPAKO), Petroquímica Sudamericana.

A partir de derivados de petróleo y del gas natural, se comenzaron a producir petroquímicos básicos, como etileno, butadieno y aromáticos. Se inició la producción de gas de síntesis, también a partir de gas natural, para obtener metanol y amoníaco. Surgieron complejos petroquímicos integrados, como el de PASA, en Puerto General San Martín, y el de Duperial, en San Lorenzo, ambos en la provincia de Santa Fe, y el de IPAKO, en Ensenada, provincia de Buenos Aires.

Las leyes de promoción industrial y los decretos de promoción sectoriales sufrieron cambios en 1963 y 1964, pero en general referidos sólo al proceso de administración de la promoción. Por eso, el sector continuó gozando de los beneficios que habían alentado la ejecución de numerosos emprendimientos, algunos de los cuales continúan en operación aún

### **Cuadro de instalaciones petroquímicas 1958-1969**

<b>Producto</b>	<b>Año</b>	<b>Empresa</b>	<b>Localización</b>
Poliestireno	1958	Ipako	Florencio Varela, Buenos Aires
Nylon 66	1958	Ducilo	Mercedes, Buenos Aires
Acido 2,4-D y Esteres	1958	Compañía Química	LLavallol, Buenos Aires
Látices y Esteres	1958	Atanor	Munro, Buenos Aires
Fenol	1959	Fensud (1)	San Nicolás, Buenos Aires
ABS – SAN	1960	Monsanto	Zárate, Buenos Aires
ABS – SAN	1960	Ipako	Florencio Varela, Buenos Aires
PVC - vía carburo	1960	Monsanto	Chacras de Coria, Mendoza
PVC - vía carburo	1960	Electroclor	Capitán Bermúdez, Santa Fe
PVC - vía carburo Anhídrido ftálico	1961	Indupa	Cinco Saltos, Río Negro
Sulfuro de carbono	1962	Duperial	San Lorenzo, Santa Fe
Negro de humo	1962	Cabot	Campana, Buenos Aires
Etileno – Polietileno BD	1963	Ipako	Ensenada, Buenos Aires
Fenol	1963	Duranor (2)	Río Tercero, Córdoba
Fibra poliéster Nylon 6, fibra poliéster	1963	Petroquímica Sudamericana	Olmos, Buenos Aires
Hilado de polipropileno	1963	Copet	Béccar, Buenos Aires
Metanol/Formaldehido	1964	Atanor	Río Tercero, Córdoba
Amoníaco	1964	DGFM	Río Tercero, Córdoba

Etileno/Polietileno BD	1964	Duperial	San Lorenzo, Santa Fe
Etileno, estireno, BTX, Butadieno, caucho SBR	1964	PASA	Puerto General San Martín, Santa Fe
Metanol/Formaldehido	1966	Compañía Casco	Pilar, Buenos Aires
Anhídrido acético Amoníaco, urea,	1967	Rhodia	Baradero, Buenos Aires
Sulfato de amonio Isopropanol, acetona, Sec-butanol, MEK,	1968	Petrosur	Campana, Buenos Aires
MIBK	1968	Carbochlor	Campana, Buenos Aires

- (1) Sociedad entre Compañía Química y Bayer  
(2) Sociedad entre Atanor y Hooker Chemical

Desde 1970 a 1989: la década de 1970 comenzó con la creación de dos empresas (Petroquímica General Mosconi y Petroquímica Bahía Blanca) como sociedades anónimas con capital estatal mayoritario.

En 1970, con el cambio del gobierno militar de entonces (Onganía era reemplazado por Levingston) tanto Yacimientos Petrolíferos Fiscales (YPF) como la Dirección General de Fabricaciones Militares (DGFM), encontraron espacio para implementar sus planes de desarrollo petroquímico. Los objetivos de ambos organismos estatales eran: primero, liderar la producción de petroquímicos básicos, con una escala mayor a la de las plantas entonces existentes y segundo, promover la instalación de polos petroquímicos similares a los existentes en EUA y en Europa Occidental.

Tanto DGFM como YPF, ante la evidencia de mercados que crecían en forma razonable y un abastecimiento local que comenzaba a no satisfacer las necesidades de la demanda, tenían en estudio proyectos para instalar un polo de productos básicos aromáticos y otro de olefinas, con sus respectivos derivados.

Algunos años antes había entrado en operaciones PASA, que destinaba todo su benceno a la producción integrada de estireno y de caucho sintético (SBR) y parte del tolueno y de los xilenos, al mercado de solventes. La DGFM le adquiría un corte remanente de aromáticos, para procesar en su planta de Campana.

Mientras DGFM tenía interés en aumentar su producción de aromáticos para contar con mayor seguridad de abastecimiento para la fabricación de explosivos, YPF deseaba ingresar al negocio petroquímico para agregar valor a sus derivados de refinería, de acuerdo al modelo existente en empresas petroleras europeas.

En 1967, ante la confluencia de objetivos, los directivos de ambas empresas decidieron crear una comisión que estudiara la factibilidad de encarar un proyecto en forma conjunta. Los estudios de la demanda del mercado, de las materias primas necesarias, de los costos de producción y de los posibles emplazamientos alternativos: Rosario, Campana y Ensenada, se prolongaron durante 1968 y gran parte de 1969. A principios de 1970, el gobierno aprobó el proyecto presentado por YPF y DGFM, en el marco del régimen promocional del Decreto 4.271/69.

El 15 de mayo de 1970, YPF y DGFM se asociaron dando nacimiento a Petroquímica General Mosconi (PGM). La constitución de la nueva empresa fue convalidada por la Ley 18.731, del 29 de julio de 1970. Tenía como accionistas sólo a YPF y a DGFM en partes iguales, si bien se contemplaba una futura apertura al capital privado, en minoría.

El proyecto de PGM consistía en instalar un complejo productor de hidrocarburos aromáticos en Ensenada, provincia de Buenos Aires, por reforming de nafta virgen a proveer por YPF. Para ello YPF se comprometía a ampliar en casi un 50% la capacidad de Destilería La Plata. Durante la ejecución del proyecto, las capacidades de producción fueron reformuladas, llevándolas en toneladas por año a: 70.000 de benceno, 20.000 de tolueno, 20.000 de o-xileno, 40.000 de p-xileno, 45.000 de ciclohexano, 5.000 de xilenos mezcla y 2.600 de aromático pesado.

En noviembre de 1970, se llamó a un concurso internacional para la provisión de los procesos y de la ingeniería básica. A principios de 1971, el contrato fue adjudicado a Hydrocarbon Research (HRI), que se asoció con otras dos empresas de los EUA, ARCO y Engelhard. En el último trimestre de 1971, se concursó la provisión de la ingeniería de detalle, suministro, construcción y montaje de la planta, resultando adjudicataria la empresa MacKee.

El complejo de PGM se inauguró el 29 de junio de 1974, en plena crisis del embargo petrolero y con precios petroquímicos en alza. Con su puesta en marcha se cumplieron dos hechos no muy frecuentes en el ámbito de los emprendimientos del Estado: PGM se construyó en el plazo previsto de 30 meses y de acuerdo con el presupuesto aprobado; el contrato principal con Mc Kee era de 50 millones de dólares. El primer despacho comercial fue realizado el 1º de julio de 1974, (era un camión de benceno para Duranor). Otro detalle significativo fue que PGM pudo pagar, inclusive antes del plazo previsto, un préstamo que había tomado del Eximbank de los EUA. También reintegró en su totalidad los préstamos para la financiación de suministros, que habían aportado el Banco Nacional de Desarrollo, la Caja Nacional de Ahorro Postal y el Banco de la Provincia de Buenos Aires.

Un segundo capítulo, de desarrollo mucho más complejo y prolongado, fue Petroquímica Bahía Blanca. Entre los fundamentos del gobierno para aprobar la creación de esta empresa, se explicaba que el polo industrial que se constituiría a su alrededor, permitiría sustituir importaciones por 15 millones de dólares (casi 1% del total de las importaciones de ese año) monto que se estimaba podría aumentar a 50 millones de dólares en 1975, por el crecimiento esperado de la demanda.

En forma más general se señalaba que se generaría un gran efecto multiplicador en la economía nacional y, en especial, en la región norte de la Patagonia. Además, el escenario existente prometía una alta rentabilidad de los proyectos, gracias a los beneficios promocionales que el gobierno militar estaba dispuesto a otorgar.

Cuando YPF y DGFM llegaron a la conclusión de que era viable la creación de un polo petroquímico, en las cercanías de Bahía Blanca, para aprovechar principalmente el etano contenido en el gas natural que llegaba a esa ciudad por los gasoductos del oeste y del sur, sumaron a la iniciativa a Gas del Estado.

En octubre de 1971, los tres entes estatales firmaron un acta para la constitución de una sociedad anónima, llamada Petroquímica Bahía Blanca, que tendría por objeto la producción de olefinas con las siguientes capacidades:

- ▶ 120.000 a 200.000 toneladas/ año de etileno
- ▶ 12.000 a 20.000 toneladas/ año de propileno

El 3 de noviembre de 1971, se dictó la Ley 19.334, que creaba PBB. Esta sociedad anónima debía tener mayoría estatal (51%), para lo cual se emitieron acciones Clase A que se distribuyeron en partes iguales (17%) entre los tres entes estatales: DGFM, YPF y Gas del Estado, y se reservaron acciones Clase B (49%) para los capitales privados que se incorporarían más adelante. Si uno de los entes decidía retirarse de la sociedad, estaba obligado a dar la preferencia de compra a

los otros dos. PBB (al igual que PGM) sólo podía modificar su carácter de sociedad con mayoría estatal mediante el dictado de una nueva ley que convalidara el cambio.

La planta se localizaría en las afueras de Bahía Blanca, vecina a Puerto Galván y a Ingeniero White. El 15 de marzo de 1972, PBB llamó a concurso para el suministro de la ingeniería de procesos e instalación de la planta productora (cracker) de etileno y propileno.

Fueron ganadores en forma conjunta Linde de Alemania y Mc Kee de EUA, firmándose el contrato respectivo el 26 de diciembre de 1972, para que la primera partida de etileno fuera una realidad, a más tardar en julio de 1975, o sea un plazo de construcción de 30 meses, similar al de PGM.

Los accionistas y los organizadores de PBB eran optimistas y no vacilaron en colocar la piedra fundamental de la planta, a mediados de noviembre de 1972. Nada les hacía prever lo que vendría, ni que recién el 5 de julio de 1977 (con dos años de retraso) la planta quedaría concluida, pero que no podrían ponerla en marcha por carecer del etano necesario y por no haberse instalado ninguna de las plantas de derivados de etileno que estaban planeadas.

En cambio el proyecto de PGM, continuaba sin tropiezos ya que recibía el pleno apoyo del gobierno, por su conformación empresaria 100% estatal (y además porque contaba con la materia prima, nafta virgen, disponible en la Destilería La Plata a raíz de las inversiones que había realizado YPF).

El proyecto de PBB, en cambio, enfrentaba numerosos contratiempos debidos, en primer lugar, a las dificultades surgidas cuando el nuevo gobierno estableció mediante el Decreto 592/73, un régimen petroquímico que reservaba al Estado la producción de básicos, como el etileno, sin intervención del capital privado.

Por otro lado, la materia prima requerida por PBB era etano, que aún no estaba disponible en Bahía Blanca. Gas del Estado demoraría varios años en comenzar a instalar la planta separadora de gas natural. Menos aún se sabía sobre la instalación de las denominadas plantas satélites que tenían que consumir el etileno, dada la incertidumbre y reticencia inversora que generó el gobierno en ese momento.

**El Decreto 592 y el Plan Trienal:** en 1973, se promulgaron nuevas leyes de inversiones extranjeras y de promoción industrial. Como consecuencia de esta última ley, se dictó el Decreto 592/73, específicamente referido a la promoción a la industria petroquímica, que establecía diversas medidas para la obtención de financiamiento local en condiciones especiales, avales del Estado para el financiamiento externo, diferimiento en el pago de diversos impuestos y deducciones de impuestos a los inversores.

Sin embargo, el Decreto 592 tuvo otros objetivos políticos. El más polémico fue reservar para el Estado el control de la oferta de aquellos productos petroquímicos que, por razones de escala económica, debían tener un carácter monopólico, en una economía cerrada como la existente en la Argentina de entonces.

Para ello, disponía que los productos básicos debieran ser producidos por empresas 100% de capital estatal, mientras Asimismo, el Decreto 592 tenía la intención de planificar el desarrollo de la petroquímica y establecía productos y capacidades para los proyectos que podrían ser promocionados. Frente a la existencia de varios interesados en un mismo proyecto, el derecho de realizar lo debía ser licitado por el gobierno y el adjudicatario quedaba sujeto al control del Estado en cuanto a los compromisos adquiridos.

A su vez, a fines de 1973, se dictó el Plan Trienal que explicitó, por primera vez, el criterio estatal de planificar el tamaño mínimo de las plantas y el año de su

puesta en marcha, según el producto a obtener

El aumento de capacidad de producción de la petroquímica era un objetivo deseable para incrementar la oferta local de insumos para las industrias transformadoras y así poder cubrir la demanda potencial estimada. En 1973, el consumo era de 10 kg de productos petroquímicos por habitante, mientras que en los países industrializados oscilaba entre 40 y 60 kg por habitante.

Otro objetivo era reducir la importación de productos básicos e intermedios, entonces muy significativa. Además, en los fundamentos del Plan Trienal, se juzgaba que los productos que se elaboraban localmente tenían precios muy superiores a los vigentes en los mercados internos de los países industrializados, factor que limitaba el desarrollo de las industrias transformadoras.

La conformación del Polo Petroquímico de Bahía Blanca: mientras que PGM y PBB llevaban adelante sus respectivos proyectos con diferente suerte, las empresas privadas del sector (actores dinámicos del período anterior) no estaban interesadas en invertir bajo las condiciones regulatorias del Decreto 592 y del Plan Trienal y detuvieron todos los proyectos que no hubieran entrado en ejecución. En esos años, se vivía un clima de permanente violencia política y de total inseguridad, a lo que se sumó, desde mediados de 1975, una fuerte inflación. Obviamente, este contexto no era el más adecuado para que empresas locales o internacionales invirtieran en la Argentina.

Sin embargo, en la segunda mitad de 1975, por acción de la Dirección General de Fabricaciones Militares, se pudo armar la estructura empresaria y productiva del Polo Petroquímico de Bahía Blanca llegándose a un acuerdo sobre la composición accionaria de las empresas, las plantas satélites a instalarse y los procedimientos para asegurar la provisión del etileno y de otros insumos, sin dar cumplimiento pleno a las regulaciones del Decreto 592.

La Dirección General de Fabricaciones Militares logró una participación del 30% en cada una de las sociedades mixtas que se constituyeron para la producción de los derivados del etileno: cloruro de vinilo, polietileno de baja densidad, polietileno de alta densidad y de cloro-soda cáustica. El restante 70% era integrado por inversores privados que, a su vez, se constituían en socios minoritarios de PBB. Además, Electroclor e Indupa se comprometían a instalar sendas plantas para producir PVC, de 71.000 y 58.000 toneladas anuales, respectivamente.

La demanda de los plásticos derivados del etileno no había dejado de crecer. Este hecho y el renovado interés de las empresas privadas participantes, fueron las fuerzas impulsoras para que el Polo de Bahía Blanca ingresara en un camino sin retorno.

Asimismo, Gas del Estado fue autorizada para concretar la instalación de la planta separadora de gas natural por turboexpansión criogénica, Planta Extractora de Etano General Cerri, que debía alimentar de etano a PBB. Esta planta procesaría 18 millones m<sup>3</sup>/día de gas natural procedente de las cuencas Neuquina y Austral.

A fines de 1981, PBB puso en marcha su cracker en forma simultánea con la planta de Gas del Estado que lo alimentaba y con las dos plantas productoras de Polisur.

Cabe destacar que, además de su planta original de polietileno de baja densidad (PEBD), Polisur (ante las demoras en la ejecución de los proyectos de los otros dos consumidores de etileno, Petropol y Monómeros Vinílicos) había incorporado al Polo una planta productora de polietileno lineal de baja densidad (PELBD) de 120.000 toneladas por año de capacidad, utilizando el proceso Unipol de baja presión de Union Carbide, construida en Japón por Ishikawajima Harima Heavy Industries, montada sobre una barcaza. Sin esa planta flotante, importada

desde Japón por Polisor, PBB hubiera tenido que operar con un alto nivel de capacidad ociosa o bien hubiese debido exportar mayores volúmenes de etileno, en ambos casos con un impacto negativo sobre sus resultados económicos. Recordemos que Ipako, socio controlante de Polisor, era el principal accionista de PBB, con el 21,2% de su capital accionario.

Plantas satélites de la producción de etileno			
Empresa	Inversor privado (70%)	Producto	Capacidad (toneladas/año)
Polisor SM	Ipako	Polietileno BD	70.000
Petropol SM	Poliiolefinas (Indupa)	Polietileno AD	32.000
Monómeros Vinílicos SM	Viniclor (Electroclor 55%, Indupa 45%)	Cloruro de vinilo	130.000
Induclor SM	Inquiba (Indupa)	Soda cáustica Cloro	102.000/90.000

Otros emprendimientos durante la década del 70: la década del 70 fue más rica en planes y frustraciones que en realizaciones. Si se deja de lado los proyectos ejecutados por PGM y PBB, se registraron escasas iniciativas privadas. Las causas eran el espíritu estatista del Decreto 592 y, sobre todo, la inestabilidad política y económica que sufría el país. Simultáneamente, hubo un significativo desarrollo de la industria petroquímica en Brasil, con una fuerte participación de Petroquisa (brazo químico de Petrobrás) en los productos básicos, y asociada con capitales locales e internacionales en los productos intermedios. Fue el denominado modelo tripartito, con intervención del estado, empresas internacionales con buen acceso a capitales y tecnología y empresas brasileñas con mucha experiencia en el país. El Polo Petroquímico de Camaçari, puesto en marcha en 1978, fue un resultado tangible de esa política.

A continuación, se enumeran los emprendimientos del período, en la República Argentina.

En 1972, Petroquímica Sudamericana integró su línea de poliéster en Olmos, provincia de Buenos Aires, con la producción de una de sus materias primas, el tereftalato de dimetilo (DMT). En 1975, Duperial reemplazó en San Lorenzo su planta de anhídrido ftálico a partir de naftaleno, por otra de mayor capacidad, que utilizaba o-xileno como materia prima. Un año más tarde, ponía en marcha una planta de polioles, destinados a la obtención de poliuretanos.

También en 1975, PASA comenzó a producir caucho nitrilo en Puerto General San Martín, provincia de Santa Fe.

Por su parte YPF, de los diversos proyectos que tenía en cartera en los años 1974 - 1975 (metanol, fertilizantes, caprolactama, polipropileno, fenol, entre otros), sólo pudo concretar el de alquilbenceno lineal y cumeno, proyecto que había empezado a estudiar a fines de la década del 60 y cuya construcción fue contratada antes del golpe militar de marzo de 1976.

De esa manera YPF puso en marcha, en 1978, un complejo productor de alquilbenceno lineal (ABL) y cumeno, en Destilería La Plata. El ABL es el insumo para la elaboración de detergentes biodegradables; el cumeno debía ser la materia prima para la planta de fenol, proyecto que no se pudo llegar a concretar.

El regreso del Estado promotor: el Decreto 814/79 – que llenó el vacío que había dejado, un año antes, la anulación del Decreto 592.

El principal cambio introducido, como parte de la política general de subsidiaridad del Estado, era la desaparición de la participación obligatoria del Estado en la producción de petroquímicos básicos e intermedios. Además, como contrapartida, establecía diversos beneficios fiscales tales como diferimientos y

desgravaciones impositivas

Sin embargo, el Decreto 814/79 no aseguraba, por si solo, la implementación de proyectos petroquímicos. Los elevados costos de inversión (se puede recordar la fuerte sobrevaluación de la moneda local a principios de la década del 80) y la depresión de los precios petroquímicos internacionales, hicieron poco competitivos algunos proyectos de gran escala. Las autoridades económicas del gobierno militar juzgaron entonces que si la petroquímica no podía competir internacionalmente, no tenía objeto seguir instalando plantas. Así, en 1982 fueron suspendidos los créditos del Banco Nacional de Desarrollo (BANADE) a las empresas satélites del Polo de Bahía Blanca que tenían ya sus plantas de en construcción. Indupol, Petropol, Monómeros Vinílicos, Indupa y Electroclor debieron así retrasar y luego paralizar sus obras. Sólo habrían de reiniciarlas, a fines de 1983, con la asunción del gobierno constitucional. Este se había comprometido a hacer viable completar el Polo, hecho que se cumplió entre fines de 1986 y principios de 1987. Concluyó así una larga serie de dificultades, de casi 20 años.

A su vez, el Polo de Ensenada había quedado casi reducido, durante la década del 70, a la actividad de PGM, que tenía una fuerte orientación exportadora. PGM había estudiado proyectos de integración hacia productos intermedios, tales como caprolactama y DMT, dos derivados de los productos que elaboraba y exportaba como ciclo hexano y p-xileno, pero no pudo concretarlos, principalmente por las limitaciones que le imponía su condición de empresa estatal.

Tampoco se concretaron algunas iniciativas privadas que hubieran permitido avanzar en la integración del Polo, tales como proyectos de producción de fenol-acetona, estireno y metacrilato de metilo. A pesar de todo, a principios de la década del 80, concluyeron algunos emprendimientos que se habían acogido a los beneficios establecidos por el Decreto 814/79.

La firma Maleic, de capitales locales, instaló en Ensenada una planta de anhídrido maleico, a partir de benceno. Esta planta fue puesta en marcha en 1981 y tres años más tarde fue transformada para utilizar butano como materia prima, también provisto por PGM, lo que la hizo más competitiva.

Otra empresa que se radicó en el Polo de Ensenada fue Polibutenos Argentinos, controlada por la petrolera Bidas. En 1982, inició su producción de poliisobutilenos, a partir de cortes de gas licuado provenientes de Destilería La Plata, propiedad de YPF.

Petroquímica Río Tercero (sociedad controlada por Atanor con participación minoritaria de YPF y DGFM) instaló en Río Tercero, provincia de Córdoba, una planta de diisocianato de tolueno (TDI), a partir de tolueno de PGM. La producción de TDI demandó que DGFM ampliara su planta de amoníaco (reconvirtiéndola al uso de gas natural) y que instalara una nueva planta de ácido nítrico. Todas estas plantas fueron puestas en marcha en el año 1981.

Finalmente, Indoquim, empresa integrante del grupo Dow Química, instaló en Puerto General San Martín una planta de polioles, insumo para producir poliuretanos, que comenzó su producción en 1983.

El hecho más destacado en materia petroquímica, del período 1983-89, fue sin lugar a dudas la conclusión del Polo de Bahía Blanca al ponerse en marcha, a fines de 1986, las plantas de cloruro de vinilo de Monómeros Vinílicos y de PVC de Indupa, y a principios de 1987, la planta de PEAD de Petropol.

Además, se registró la reaparición de una significativa corriente inversora, que permitió concretar los siguientes proyectos siempre en el marco del Decreto 814/79:

- ▶ Monsanto instaló en Zárate una planta continua de poliestireno, que arrancó en 1986.
- ▶ Petroquímica Cuyo puso en marcha, a fines de 1988, una planta de polipropileno, a partir de propileno grado refinería, provisto por la contigua Destilería Luján de Cuyo de YPF. La empresa era una sociedad compuesta por Pérez Companc y otros capitales locales.

Petroquímica General Mosconi llevó adelante otro proyecto de envergadura. En Ensenada, radicó un complejo productor de MTBE (metil-ter-butil-éter), buteno-1 y oxo-alcoholes, a partir de propileno y butilenos de Destilería La Plata. El proyecto denominado "Aprovechamiento de Olefinas" fue la mayor inversión petroquímica de este período y fue realizado íntegramente con recursos propios.

También durante la segunda mitad de los años 80, Resinfor (empresa perteneciente al Grupo Marguliz) concretó la instalación, en Puerto General San Martín, de una planta de metanol, que le permitió integrar su producción de formaldehído y resinas.

A partir de 1986, con la consolidación del Plan Austral, comenzó para la industria petroquímica un tiempo de reestructuración: el gobierno decidió el retiro gradual del Estado como accionista en empresas petroquímicas donde actuaba en minoría. Incluso se llegó a mencionar como empresas posibles de privatización a PGM y a PBB.

En 1988 se licitó la participación minoritaria de la DGFM en Atanor, adquirida por Compañía Química, del grupo Bunge y Born, así como las participaciones de DGFM (30%) en las sociedades mixtas del Polo de Bahía Blanca. Estas fueron transferidas, en cada caso, a los socios controlantes. Posteriormente, se vendieron a Atanor, ya entonces controlada por Bunge y Born, las acciones de YPF y DGFM, en Petroquímica Río Tercero.

Simultáneamente, se redujeron los aranceles de importación a los productos petroquímicos y se limitaron en forma significativa los beneficios promocionales del todavía vigente Decreto 814/79. Sin embargo, se mantuvo la promoción en los precios de las materias primas: el Tesoro continuaba aportando la diferencia entre los precios que abonaban las empresas petroquímicas por sus insumos y los valores de retención que percibían los proveedores.

De alguna manera, se estaba insinuando el profundo cambio de contexto que ocurriría en los años 90.

<b>Cuadro de instalaciones petroquímicas efectuadas entre 1970 y 1989</b>			
<b>Productos</b>	<b>Año</b>	<b>Empresa</b>	<b>Localización</b>
DMT	1971	Petroquímica Sudamericana	Olmos, Bs. As
Poliestireno expandible	1972	BASF	General Lagos, Santa Fe
BTX, ciclohexano	1974	PGM	Ensenada, Bs. As
Anhidrido ftálico	1975	Duperial	San Lorenzo, Santa. Fe
Caucho nitrilo	1975	PASA	Puerto General San Martín, Santa Fe
Poliolios	1976	Duperial	San Lorenzo, Santa Fe
ABL/cumeno	1978	YPF	Ensenada, Bs. As.
Formaldehido	1980	Compañía Casco	Pilar, Bs. As.
Acido benzoico	1980	Brave Energía	Monte, Bs. As.
Anhidrido maleico	1981	Maleic	Ensenada, Bs. As
TDI	1981	Petroquímica Río Tercero	Río Tercero, Córdoba
Amoniaco/ácido nítrico	1981	DGFM	Río Tercero, Córdoba
Etileno	1981	PBB	Bahía Blanca, Bs. As
PEBD/PELBD	1981	Polisur	Bahía Blanca, Bs. As

Poliisobutilenos	1982	Polibutenos Argentinos	Ensenada, Bs. As
Polioles	1983	Dow Química	Puerto General San Martín, Santa Fe
Poliestireno	1986	Monsanto	Zárate, Bs. As.
Cloruro de vinilo	1986	Monómeros Vinílicos	Bahía Blanca, Bs. As.
PVC	1986	Indupa	Bahía Blanca, Bs. As
PEAD	1987	Petropol	Bahía Blanca, Bs. As
Polipropileno	1988	Petroquímica Cuyo	Luján de Cuyo, Mendoza

Desde 1990 hasta el nuevo milenio: en la década del 90' se dictaron dos leyes de trascendencia fundamental: la Ley 23.696 de Reforma del Estado, y la Ley 23.697 de Emergencia Económica, con el objetivo de desregular la economía y privatizar las empresas estatales.

Poco antes, en julio de 1989, ante la grave situación hiperinflacionaria, el gobierno había acordado, con las principales empresas petroquímicas, la suspensión del régimen de promoción de precios para sus insumos.

No sólo importantes cambios estructurales en el país incidieron sobre la evolución del sector petroquímico. La industria petroquímica mundial y también la local, soportaron hacia 1993, una fuerte depresión de precios, resultado de la excesiva capacidad instalada y de la recesión ocurrida en los principales países industrializados.

En ese contexto, las principales empresas petroquímicas perdieron competitividad en sus exportaciones y debieron reducir sus precios en el orden local, para enfrentar la competencia de las importaciones. Esto tuvo como consecuencia resultados económicos negativos y, finalmente, un creciente endeudamiento.

Estas fueron las causas de un fuerte proceso de reconversión que modificó profundamente el escenario del sector: se cerraron plantas y desaparecieron empresas por falta de competitividad; se fusionaron otras, que aisladas no resultaban rentables y que así pudieron sobrevivir; se concretaron las privatizaciones pendientes del gobierno anterior y, finalmente, se privatizaron las dos grandes empresas estatales, PGM y PBB.

Cierre de plantas:

**Atanor:** metanol (1990)

**Compañía Casco:** metanol (1991)

**Hisisa:** poliacrilonitrilo – resinas acrílicas (1992). Fue reabierto en 1996, como Compañía de Acrílicos SA COMACSA

**PASA:** butadieno (1992)

**Electroclor:** acetileno, soda cáustica, cloro, cloruro de vinilo, policloruro de vinilo y copolímeros, tricloroetileno y tetracloroetileno. Cierre definitivo de la empresa (1993)

**Indupa (Cinco Saltos):** acetileno, soda cáustica, cloro, cloruro de vinilo, policloruro de vinilo (tras cierres temporarios en 1992/93 reabrió como Imextrade en 1996)

Privatizaciones:

**Petropol** (1991)

**Polisur** (1991)

**Induclor** (1991)

**Monómeros Vinílicos** (1991)

**Fábrica Militar de Tolueno Sintético** (1992)

**Petroquímica Río Tercero** (1992)

**Petroquímica General Mosconi** (en abril de 1993 fue adquirida por YPF)

**YPF:** privatización de la mayoría accionaria (1993)

**Petroquímica Bahía Blanca:** a fines de 1995, el consorcio Dow -YPF-Itochu adquirió el 51% del paquete accionario, en poder del Estado.

**Indupa:** el mismo consorcio adquirió el 38%, que había quedado en manos del Estado, como parte del proceso de reconversión del pasivo de dicha empresa.

Instalaciones petroquímicas realizadas desde 1990: mientras tanto, durante los primeros años de la década del 90, se concretaron tres proyectos de magnitud, que a fines de la década anterior estaban en su etapa final: el Proyecto Aprovechamiento de Olefinas que llevaba adelante la entonces PGM, la planta de Resinfor Metanol y la planta de polipropileno de Petroken Petroquímica Ensenada. El primero de ellos consistía en un complejo de varias plantas integradas, que permitiría procesar las olefinas (propileno y butilenos) contenidas en los gases licuados de Refinería La Plata, de YPF. En forma secuencial se debían producir MTBE, buteno-1 y oxoalcoholes. También se había incorporado al proyecto una planta de metanol, de escala reducida, para uso cautivo. Las diferentes plantas entraron en operación entre 1990 y 1992, cuando el gobierno ya había decidido la privatización de la empresa.

Cabe destacar que el MTBE es un compuesto oxigenado que se emplea en la formulación de motonaftas sin plomo para elevar su índice de octano. El buteno-1 es utilizado como materia prima complementaria (co-monómero) del etileno, para la producción de polietileno de baja densidad lineal. Los oxoalcoholes se destinan a la producción de plastificantes para PVC.

El proyecto de una planta de metanol en Puerto General San Martín, provincia de Santa Fe, fue desarrollado inicialmente por Resinfor, una empresa de capitales locales (Grupo Marguliz), que tenía por objetivo integrar su línea de formaldehído y resinas. Posteriormente, ingresó como accionista Louis Dreyfus, grupo de origen francés, constituyéndose entonces la sociedad Resinfor Metanol. La planta fue puesta en marcha durante 1990. Poco tiempo después, dejaban de operar las instalaciones de metanol de Atanor y Compañía Casco, de menor tamaño y con procesos menos competitivos.

Petroken nació como un joint venture entre Ipako y Shell, con el objeto de producir polipropileno, a partir de propileno grado refinería, a proveer por YPF, Shell y otros productores menores. La planta fue construida en Japón y transportada en módulos a su sitio de montaje, en Ensenada, cerca de la planta de Ipako y de la Refinería La Plata de YPF. Fue puesta en marcha a principios de 1992.

Otros emprendimientos concretados en el período 1990-1996:

**Maleic** amplió su capacidad de producción de anhídrido maleico en Ensenada, instalando un segundo reactor que puso en marcha en 1990.

**Carbochlor** montó en Campana una planta de MTBE que entró en operaciones a mediados de 1994.

**Polibutenos Argentinos** instaló en Ensenada una planta deshidrogenadora de isobutano, para producir isobutileno de uso cautivo, que arrancó a mediados de 1995.

**YPF** incorporó, a principios de 1995, una planta de MTBE a la Refinería Luján de Cuyo y otra de TAME, a fines de 1996, en Petroquímica La Plata (ex PGM) El TAME es otro producto oxigenado, que se emplea para formular naftas de alto índice de octano

**PASA** amplió en 1996 su capacidad de producción de amoníaco y urea en Campana.

El perfil de la industria petroquímica actual: la petroquímica argentina es una industria con más de cincuenta años de actividad. Las plantas aprovechan hidrocarburos locales como materias primas (derivados del petróleo y productos constituyentes del gas natural), a los que agregan valor.

En todo el continente americano, sólo en EUA y la República Argentina, el Estado está ausente de la industria petroquímica.

No hay precios subsidiados, ni controles de precios para las materias primas, productos básicos, intermedios o finales. Los precios de las materias primas petroquímicas surgen de la negociación entre las partes.

La mayoría de las plantas que se están instalando tienen una capacidad de producción a escala internacional.

Las plantas están localizadas en cinco provincias: Buenos Aires, Santa Fe, Córdoba, Río Negro y Mendoza. En un futuro muy próximo, Neuquén se sumaría a la lista.

Existe una fuerte concentración de plantas en varias áreas productivas. Hay tres que exhiben un mayor grado de integración y que pueden ser consideradas como polos petroquímicos: Bahía Blanca y Ensenada, ambas en la provincia de Buenos Aires y San Lorenzo, en la provincia de Santa Fe.

Otras áreas son: Zárate-Campana, provincia de Buenos Aires, Río Tercero, provincia de Córdoba, Cinco Saltos, provincia de Río Negro y Luján de Cuyo, provincia de Mendoza. La octava área sería Plaza Huincul - Cutral Co, en la provincia de Neuquén.

Existen 43 plantas que producen productos básicos, intermedios y finales.

En 1998, la producción total fue de 3,3 millones de toneladas. De ese total, 1,2 millones de toneladas (36%) fueron productos básicos, 0,9 millones de toneladas (28%) productos intermedios y 1,2 millones de toneladas (36%) productos finales.

La importación llegó, en 1998, a 2,3 millones de toneladas, de las cuales 13% fueron básicos, 13% intermedios y 74% finales.

La exportación, durante 1998, alcanzó a 490.000 toneladas con la siguiente composición: 12% básicos, 33% intermedios y 55% finales.

El consumo aparente (definido como producción local más importación, menos exportación) fue en 1998, de 5,1 millones de toneladas, con la siguiente composición: 29% básicos, 20% intermedios y 51% finales.

El consumo aparente por habitante pasó de 74 kg en 1989, a 140 kg en 1998.

En el período 1989 - 1998 se produjeron los siguientes cambios:

- ▶ La producción aumentó 32% -Las importaciones aumentaron 428%
- ▶ Las exportaciones disminuyeron 18%
- ▶ El consumo aparente aumentó casi 120%
- ▶ El consumo aparente por habitante creció 89%

Los bienes transables experimentaron una reducción de precios muy pronunciada; fue el caso de los productos petroquímicos y de los productos plásticos derivados de los mismos, en los cuales la brecha entre los precios internos y los internacionales disminuyó considerablemente. La caída de los precios de los polímeros potenció la demanda de productos petroquímicos. Resultaron perjudicados otros productos tales como el vidrio, aluminio, papel y metales, ferrosos y no ferrosos.

La República Argentina es uno de los pocos países del mundo, y el único de América Latina, que tiene actualmente las industrias del petróleo, gas natural y

petroquímica totalmente privatizadas, sin ningún tipo de subsidio.

También hubo importantes modificaciones en las empresas. Uno de los principales cambios de los últimos años, es que el concepto tradicional de empresa concentrada en un rubro (petróleo, gas, energía eléctrica o petroquímica) ha dejado paso a otro enfoque: el de la empresa de energía de valor agregado.

Por lo general, el ciclo productivo, con su correspondiente cadena de valor, comienza con la exploración y el descubrimiento de yacimientos de petróleo y gas, se prolonga con su transporte, luego continúa con la generación de energía eléctrica sobre la base del gas natural, o por medio de la fabricación de productos petroquímicos, ya sea partiendo del mismo gas natural o por el aprovechamiento de gases y líquidos derivados de la refinación del petróleo.

La industria petroquímica se ha transformado en un lugar preferencial dentro de la gran cantidad de alternativas que ofrece el mercado. Sin lugar a dudas, este es el enfoque de las principales empresas del sector petroquímico, tales como Petroken, Dow, YPF, Petrobras, Solvay Indupa y muchas otras.

Las empresas petroquímicas se han visto enriquecidas por una nueva modalidad: las alianzas estratégicas, en las cuales las firmas participan en uniones a lo largo de varias etapas del ciclo productivo. YPF, Pérez Companc, Dow, Montell y Petrobras, entre otras, han formado una interesante malla de interrelaciones para aprovechar la cadena de valor y lograr economías de escala. No es extraño, porque detrás de cada una de estas empresas hay una gran cultura y experiencia para encarar uniones transitorias o permanentes.

Otro fenómeno es el diseño de inversiones y de redes comerciales más allá de la geografía del país. Sin lugar a dudas, el planeamiento de casi todas las inversiones abarca al Mercosur en general y a Brasil en particular. Casos evidentes son: YPF, Petrobrás y Profértil. Asimismo, la mayoría de las empresas considera a las exportaciones como una corriente comercial estable y no como la mera venta de saldos ocasionales.

Una modificación importante es el aumento de las capacidades de planta, con incrementos notables en relación a lo que era el tamaño estándar definido para abastecer, casi con exclusividad, al mercado interno.

Es evidente que la tendencia apunta a la búsqueda de la economía de escala que permita operar con márgenes pequeños, pero positivos, cuando aparecen épocas de caídas de precios.

Todas las empresas del sector petroquímico han incorporado valiosos conceptos éticos que son la base para cuidar la salud de su personal y proteger el medio ambiente.

## PRODUCTOS DE REFINERÍA

**Precursores de los petroquímicos:** cuando cambian los mercados, hay una constante alteración en los materiales empleados para la fabricación de productos petroquímicos. Se puede llevar a cabo casi cualquier síntesis que se desee; el problema es hacerlo a bajo costo y con el equipo disponible. Antes se utilizaba ampliamente el acetileno para la fabricación de productos petroquímicos, pero como es difícil de fabricar y almacenar, ahora el etileno es la materia prima principal para la síntesis de petroquímicos. Los precursores son materiales reactivos fabricados generalmente por la descomposición de las moléculas más grandes de las materias primas. El etileno se está fabricando actualmente a partir de LNG, nafta, gasoil, combustible diesel, etano, propano y butano, y el carbón es una posibilidad que pronto se explorará, habiéndose realizado ya algunas pruebas con carbón licuado.

El etileno es el compuesto fabricado en mayor volumen. Las condiciones para su manufactura se encuentran en algún lugar entre los que generalmente se piensan que son de refinería y los que se encuentran en la producción química. Se han construido plantas extremadamente grandes y se continúan construyendo; El material que va a ser procesado (craqueado o desintegrado) se diluye con un gas inerte (generalmente vapor) a más o menos 925° C obteniéndose un producto mixto que debe fraccionarse para que sea útil. Los gases se enfrían rápidamente, se deshidratan y se fraccionan para rendir componentes individuales de alta pureza y algún material indeseable que se recircula.

La variación en la materia prima y las condiciones de operación alteran la composición de los productos, por ejemplo, se podría obtener butileno o propileno como producto primario, si así se desea. Un craqueo de corta duración y alta severidad de nafta, produce una mezcla conteniendo (en porcentajes) hidrógeno, 1,2; metano, 15,2; acetileno, 1,3; etileno, 31,8; etano, 1,2; propadieno, 1,2; propileno, 11,6; propano, 0,3; butadieno, 4,7; butileno, 2,2, y líquidos C<sub>5+</sub>, 27,7.

Los aumentos en el costo de los materiales ligeros y la demanda de naftas para otros usos han hecho que se le dé mayor atención al uso de fracciones como gasoil, que se encuentran en abundancia en el mercado. El propileno se produce raramente excepto como un coproducto con el etileno. El craqueo con vapor del etileno produce la mayor parte del propileno, y casi todo se utiliza en la producción de polímeros. El resto, utilizado principalmente para producción química viene de los craqueadores catalíticos de lecho fluido de las refinerías de petróleo. El propileno de refinería encuentra su mayor empleo en la alquilación.

El benceno se obtiene mediante la deshidrogenación de ciclohexanos sustituidos, mediante aromatización del metilciclopentano, y por la desmetilación de tolueno o xilenos. La demanda de aromáticos es enorme y se están buscando catalizadores con el fin de producir más BTX (benceno-tolueno-xilenos) para productos químicos y combustibles de alta calidad. El tolueno se puede recuperar de algunos materiales, pero la mayor parte se hace por deshidrogenación de nafta; por ejemplo, se deshidrogena el metilciclohexano para obtener tolueno. Éste aún se puede desmetilar para obtener bencenos, si así se desea.

El naftaleno se utiliza en cantidades menores que los aromáticos ligeros. La desalquilación de una corriente selecta de reformado utilizando un catalizador de carburo de cromo-aluminio con una exposición de 10 segundos de un producto que es más puro que el que se forma a partir de alquitrán de hulla.

**Gases de refinería.** El mayor volumen de gases que se genera en la refinería durante proviene del craqueo de los crudos A diferencia del gas natural, éstos contienen cantidades importantes de olefinas; si se mantienen temperaturas y

presiones bajas, se pueden recuperar y emplear para la fabricación de productos petroquímicos. Los procesos de separación son similares a los empleados para los líquidos de gas natural.

**Gases licuados de petróleo. (GPL).** Para zonas que no se encuentran líneas de gas, el gas comprimido en garrafas, constituye un combustible excelente y conveniente. El propano, con un peso molecular menor que el butano, requiere una presión más alta dentro del cilindro pero ambos se aíslan y se venden como combustible doméstico y para motores de combustión interna barato y eficiente. El GPL es competitivo con casi todos los combustibles que se emplean actualmente.

### **DESTILADOS LIGEROS.**

Las fracciones que generalmente se consideran como destilados ligeros son la nafta para avión, la nafta para automóviles, disolventes de petróleo, combustibles para aviones de propulsión a reacción y querosén. Casi ninguna refinería produce todo. La nafta es el producto más importante, y alrededor del 45% del crudo procesado se utiliza para nafta.

El término solventes se aplica a materiales con puntos de ebullición entre los de la nafta y el queroseno. Hay cierto número de solventes especiales, por ejemplo, la solvente para barnices y pinturas (aguarrás mineral), disolventes para tintorerías, disolventes para caucho, etc. Algunos solventes se utilizan para producir etileno, pero el costo es elevado y este uso está disminuyendo. Con fines militares se utiliza un combustible para aviones de propulsión a reacción basado en querosén conocido como JP-4. El querosén se empleó originalmente para lámparas y calefacción del hogar, pero casi todo se utiliza ahora como combustible para aviones a reacción.

### **DESTILADOS INTERMEDIOS.**

Se incluyen entre ellos el gasoil, los aceites ligeros y pesados para calefacción doméstica, los combustibles diesel, y destilados que se utilizan para producir más nafta por craqueo. Estos destilados se utilizan principalmente como combustibles para camiones pesados, ferrocarriles, pequeñas embarcaciones comerciales, plantas generadoras de energía eléctrica de emergencia y para demandas máximas, equipos agrícolas, y donde se necesite diesel para producir potencia. Los hornos domésticos para calefacción emplean estos destilados. Se utilizan para "cortar" el asfalto, es decir, para hacerlos menos viscosos. El nombre "gasoil" se originó por el empleo para producir luces que mejoraran el valor de iluminación del gas manufacturado; pero este uso ya desapareció. Los tipos más pesados son especialmente adecuados para producir nafta para motores de combustión interna por medio de craqueo.

**Aditivos para productos de petróleo.:** las dudas sobre su efecto en el medio ambiente ha reducido el empleo de aditivos que muchas veces producen mejoras considerables al añadir muy pequeñas cantidades. Las naftas sin plomo requieren más alquilatos y reformados para mantener su calidad. Los organofosfatos reducen los depósitos en la cámara de combustión, pero su empleo también está restringido. Se usan inhibidores de corrosión, y en algunos casos antioxidantes para estabilizar las olefinas y diolefinas, lo que reduce la producción de gomas y barnices en la máquina. Se añaden detergentes a la nafta y a los aceites lubricantes para promover la limpieza. Algunas naftas tienen más de doce componentes. Los motores diesel no golpetean de la misma manera que los de nafta, pero se utiliza un número de cetano

para medir la calidad del combustible y se utilizan alquil nitratos para mejorarlos

**Destilados pesados:** estos se convierten en aceites lubricantes, aceites pesados para diversos combustibles, ceras, y para alimentar los reactores de craqueo. Se pueden obtener fácilmente aceites lubricantes de alta calidad a partir de petróleos de base parafínica, pero la mayor parte de los petróleos son de base mixta o nafténica, y se requiere refinación con disolventes para producir lubricantes de buena calidad.

La Society of Automotive Engineers (SAE) ha clasificado a los aceites lubricantes por medio de un sistema basado en la viscosidad, el cambio de viscosidad con temperatura y condiciones críticas de trabajo. Estos números se utilizan generalmente en Estados Unidos para seleccionar y clasificar los aceites. Se emplean mucho los aditivos para mejorar la calidad de los lubricantes; entre aquéllos podemos mencionar antioxidantes, detergentes, antiespumantes, mejoradores del índice de viscosidad, agentes para resistir presiones extremas y agentes antidesgaste. La viscosidad, el punto de vaciado, la emulsibilidad, el punto de inflamación y la resistencia a la formación de lodos, son propiedades importantes de los lubricantes y por lo general se determinan mediante pruebas tecnológicas delineadas y estandarizadas por la American Society for Testing and Materials (ASTM).

Las parafinas refinadas se emplean en la industria, principalmente para tratar papeles, sobre todo para los envases de cartón destinados a la leche. Aun cuando hay muchos empleos para las parafinas, las sintéticas han limitado severamente el campo. Las parafinas se suelen separar de las fracciones de punto de ebullición cercano, luego se aíslan y se purifican por cristalización. Se utiliza tratamiento con ácido o tratamiento con arcilla activadas para mejorar el color.

Los destilados pesados se emplean como combustible para embarcaciones y plantas de energía eléctrica estacionarias grandes, pero todos los usos de los destilados pesados están declinando y la tendencia es utilizarlos en el craqueo, severo en unidades de coquización (unidades de craqueo que producen coque como subproducto) y convertirlos en productos para los cuales hay mayor demanda y mejor precio.

## RESIDUOS.

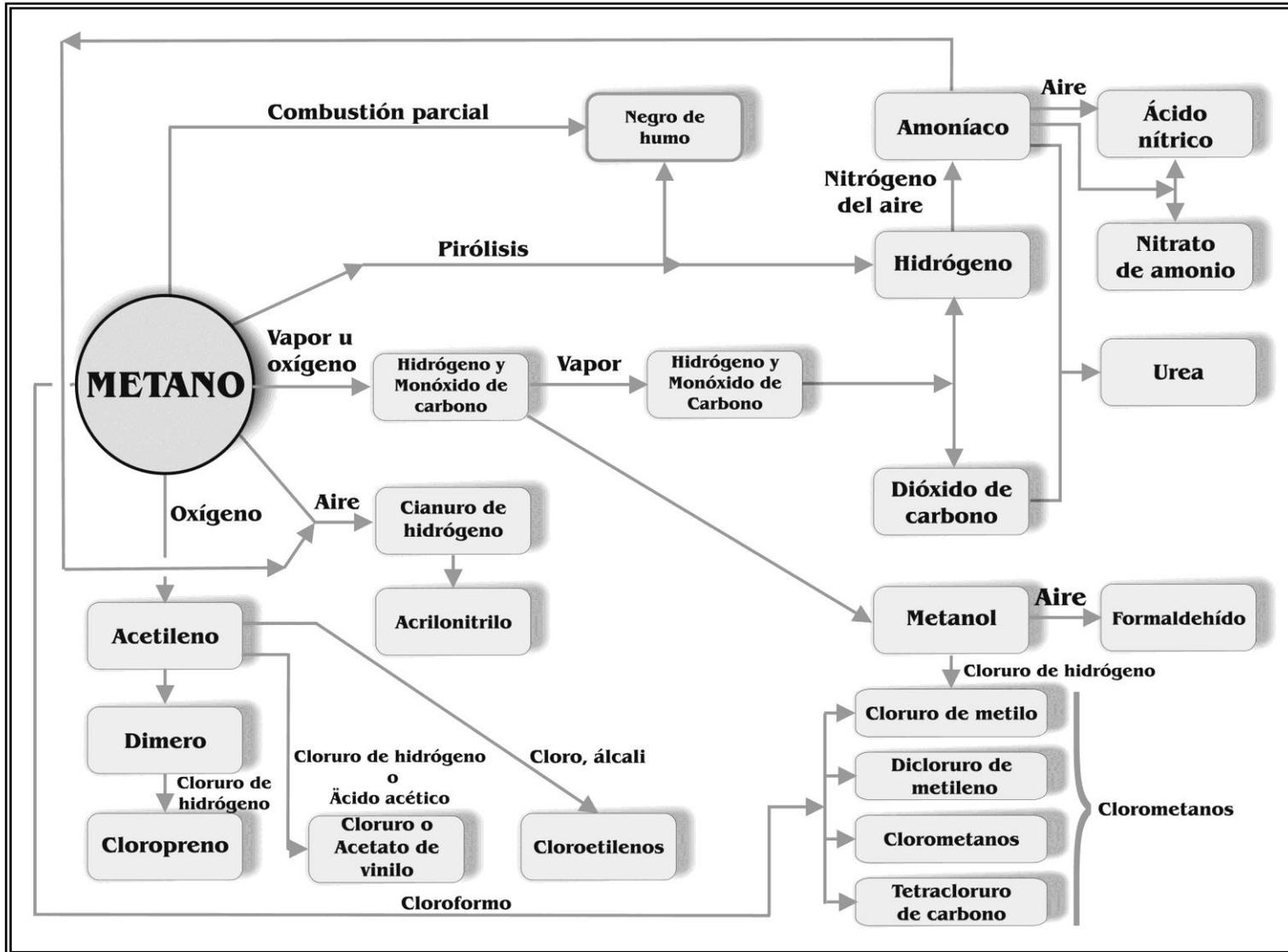
Algunos componentes no tienen la volatibilidad suficiente para poder ser destilados, aun al vacío. Entre éstos se hallan el asfalto, el fuel oil residual, el coque. Estos materiales son de venta difícil.

El asfalto se utiliza fundamentalmente como producto para pavimentación de carreteras, para impermeabilizar estructuras y para techos. Las propiedades del asfalto se modifican marcadamente calentándolo y oxidándolo parcialmente mediante soplado de aire. El material resultante se conoce como asfalto oxidado, y es más viscoso y menos manejable que el asfalto ordinario. Se utiliza para fabricar membranas para techos. El asfalto duro también se utiliza para aglutinar briquetas.

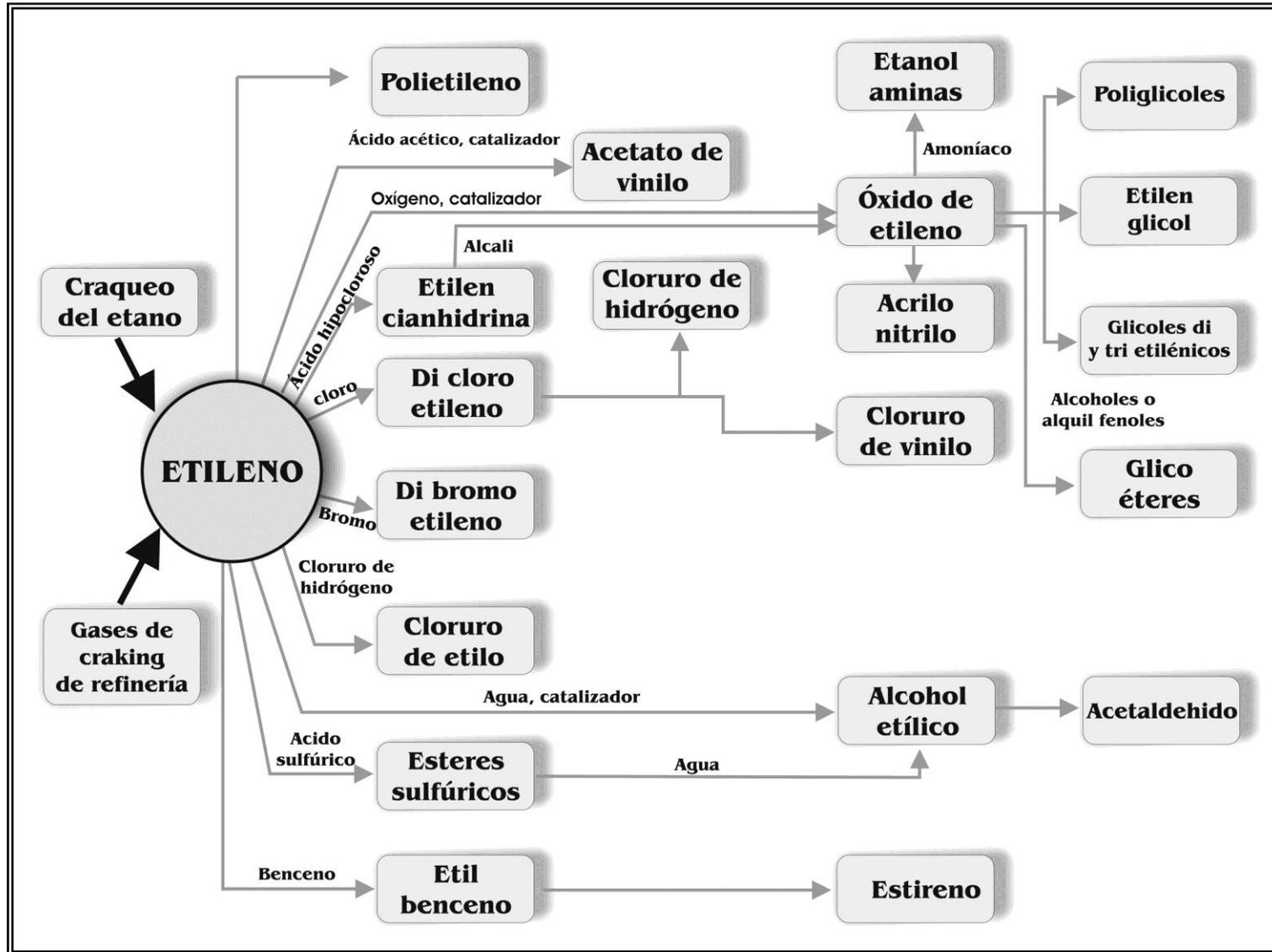
Las **grasas**, un grupo distinto de materiales, se agrupan en tres categorías:

- ▶ Mezclas de aceite mineral y lubricantes sólidos.
- ▶ Aceites minerales espesados con jabones metálicos.
- ▶ Combinaciones de parafinas, grasas, aceites y breas.

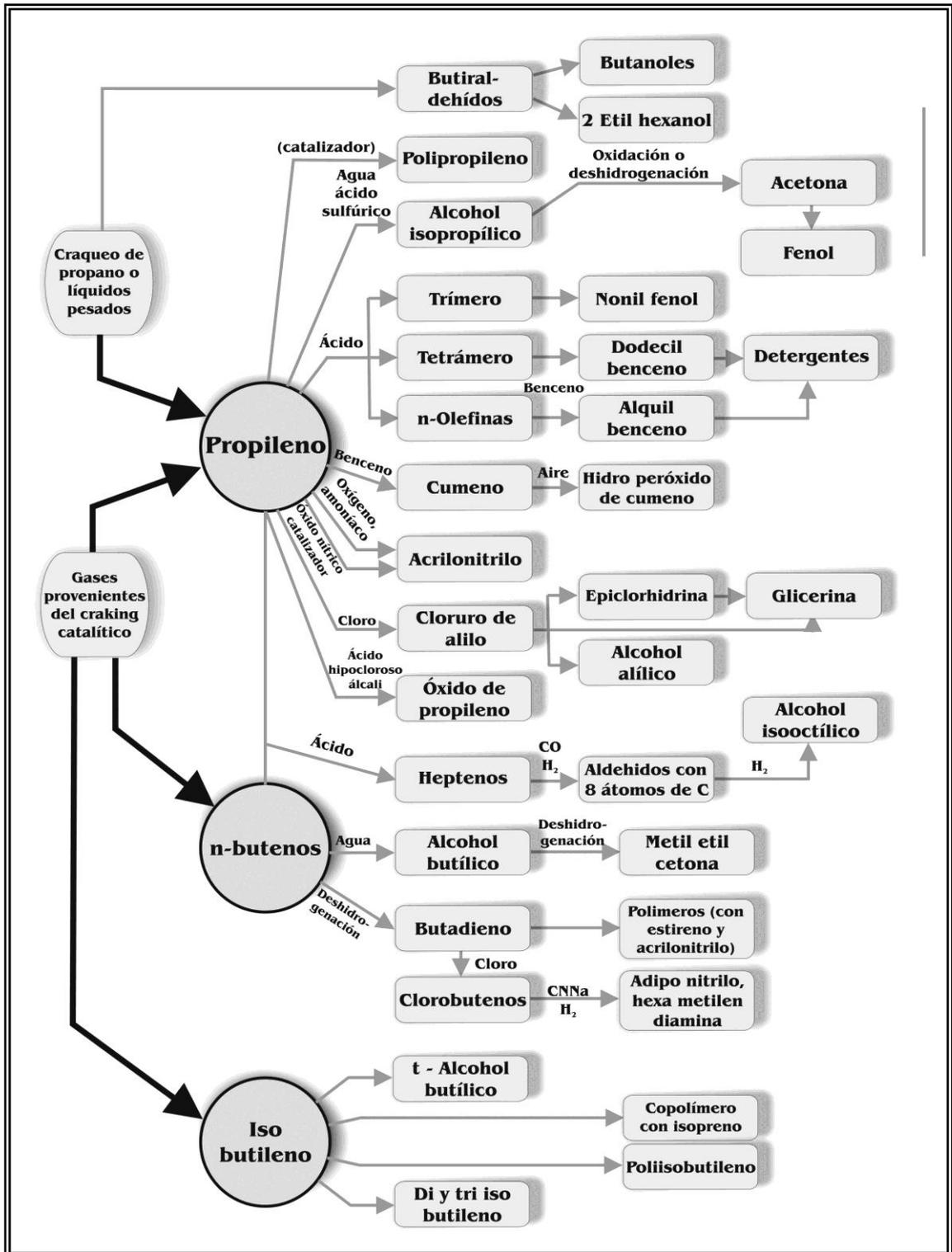
## PRODUCTOS PETROQUIMICOS DERIVADOS DEL METANO



## PRODUCTOS PETROQUIMICOS DERIVADOS DEL ETILENO



# PRODUCTOS PETROQUIMICOS DERIVADOS DEL PROPILENO Y BUTILENOS





## MANUFACTURA DE PRODUCTOS PETROQUÍMICOS

Se examinarán en forma ordenada la producción de productos petroquímicos, basándose en el tipo de reacción química. Descubrir un método adecuado y económico para realizar una determinada reacción química conocida para producir un producto determinado, no es suficiente en estos días. El control de calidad, los influencia del producto y los subproductos sobre el medio ambiente, el tratamiento de los efluentes, los procedimientos para combatir incendios, los problemas de arranque, seguridad, empaque y marketing, etc., deben combinarse en un "sistema" en el que intervengan profesionales de diversas áreas. La idea de sistema amplía el concepto de la planta más allá del mero procesamiento en que se toma materia prima y energía, se retiran productos y desperdicios, y se conserva o degrada energía. El sistema total debe incluir el procesamiento de información para vender y dar servicio, adaptando el total al medio ambiente, y manipular la suma total de información para maximizar los parámetros deseados. Un sistema concebido y operado adecuadamente no ofrece problemas a la sociedad. La producción de productos petroquímicos es enorme comparada con otros obtenidos por la química. Es probable que los nuevos desarrollos más notables sean el empleo extensivo de catalizadores selectivos para obtener mayores velocidades de reacción y mejoras en la recuperación de calor que antes se desperdiciaba porque los combustibles eran muy económicos. A continuación se detallan los principales procesos petroquímicos

**ALQUILACIÓN, DESALQUILACIÓN E HIDRODESALQUILACIÓN:** El mayor volumen de alquilaciones químicas son principalmente las del benceno con etileno para formar etil-benceno para luego obtener estireno, que luego se puede utilizar para producir poliestireno o co-polimerizarlo con butadieno para producir caucho SBR

El alquilbenceno lineal empleado en la producción de detergentes se analiza luego, al igual que la alquilación del benceno con propileno para formar cumeno del cual se derivan fenol y acetona. La alquilación de plomo para formar tetraetil y tetrametilo de plomo ya no es de importancia porque el plomo se ha eliminado como aditivo de las nafta para elevar el número de octano. La producción de naftas alquiladas es mayor que cualquiera de éstos, pero los alquilatos formados no se pueden aislar y los productos obtenidos rara vez se consideran como entidades químicas.

El cumeno es isopropil benceno y se obtiene haciendo reaccionar benceno con propileno sobre un catalizador, que puede ser un derivado del ácido fosfórico, a 250°C y 700 kPa. Con frecuencia se utiliza un corte de refinería de propileno-propano mixto en vez del propileno puro, que es más costoso. Se suministra benceno en exceso para evitar la polialquilación. Se han empleado otros catalizadores como el cloruro de aluminio y ácido sulfúrico.

El etilbenceno se obtiene de benceno y etileno utilizando varias modificaciones del más viejo sistema de reacción de una mezcla de líquido-gas con cloruro de aluminio como catalizador a través de una reacción de Friedel-Craft.. La reacción se lleva a cabo en fase gaseosa sobre un reactor de lecho fijo a 370°C con una presión de 1450 a 2850 kPa. Se recirculan los materiales polietilados y los no reaccionados para obtener un rendimiento global del 98%. El catalizador opera durante varios días antes de que necesite regeneración.

La desalquilación y la hidrodesealquilación se utiliza extensamente para convertir moléculas en otras de mayor valor agregado. Dos procesos muy importantes son:

- ▶ Tolueno ó xileno ó  $C_9$  y aromáticos más pesados +  $H_2$  (en presencia de un catalizador de desalquilación) a benceno fundamentalmente.
- ▶ 2 tolueno + un poco de  $H_2$  (en presencia de un catalizador de lecho fijo) a benceno + xilenos mixtos.

**CRAQUEO O PIRÓLISIS:** el craqueo a gran escala se ha utilizado durante más de 50 años para producir negro de humo, producto que se utiliza en gran volumen para la fabricación de neumáticos. Las olefinas y diolefinas se obtienen principalmente de la deshidrogenación o del craqueo catalítico de varios hidrocarburos, y se realiza a gran escala. El producto más importante producido es el etileno (que se obtiene por deshidrogenación del etano); también se puede obtener propileno (por deshidrogenación del propano) Ambos se producen por deshidrogenación con vapor a  $760^\circ$  a  $870^\circ$  C de temperatura con un tiempo de residencia muy corto.

Las  $\alpha$ -olefinas que se utilizan en la fabricación de detergentes se pueden obtener mediante craqueo de parafinas pesadas, pero muchas  $\alpha$ -olefinas se obtienen por polimerización de hidrocarburos livianos como el etileno, y otros como el proceso Ziegler que incluyen el uso de trialquilato de aluminio. Las  $\alpha$ -olefinas con 12 a 18 átomos de carbono se utilizan especialmente para obtener alquilatos detergentes debido a su fácil biodegradabilidad.

**DESHIDRATACIÓN:** la deshidratación se utiliza comúnmente para la producción de éteres por deshidratación de alcoholes. Se obtiene en gran cantidad el éter dietílico por deshidratación de alcohol etílico con ácido sulfúrico como agente deshidratante. La deshidratación se realiza en fase vapor sobre catalizadores como alúmina. La hidratación de olefinas para producir alcoholes, generalmente con un catalizador ácido, produce cantidades importantes de éteres como subproducto. La reacción inversa de éteres a alcoholes se puede lograr mediante la recirculación de éteres sobre un catalizador.

**ESTERIFICACIÓN CON ÁCIDOS INORGÁNICOS:** hay una variedad de disolventes, monómeros, productos medicinales, perfumes y explosivos que se obtienen de esterres del ácido nítrico, como por ejemplo la trinitro glicerina, tetranitrato de pentaeritritol (TNPE), dinitrato de glicol y el nitrato de celulosa.

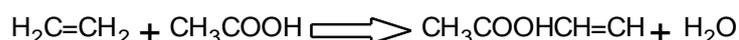
**ESTERIFICACIÓN DE ALCOHOLES ORGÁNICOS Y ÁCIDOS:** el acetato de etilo ha sido un disolvente importante (es uno de los componentes más importantes para la fabricación del thinner). Otros esterres fabricados en gran escala son el acetato de n-butilo y el acetato de isobutilo La síntesis de esterres es relativamente sencilla. El alcohol y un ácido se calientan en presencia de ácido sulfúrico, y la reacción se completa mediante la eliminación de los productos formados (generalmente por destilación) y empleando un exceso de uno de los reactantes. En el caso del acetato de etilo, la esterificación tiene lugar en una columna de destilación reactiva que produce vapores de un azeótropo terciario (punto de ebullición  $70.2^\circ\text{C}$ ; con 82.2% de acetato de etilo, 8.4% de alcohol y 9% de agua). Se puede añadir alcohol a los vapores condensados para extraer el alcohol que luego se purifica y se regresa a la columna donde reacciona.

Los acetatos amílicos, butílico e isopropílico se obtienen del ácido acético con los alcoholes correspondientes. Todos son disolventes útiles para barnices y esmaltes sintéticos, y su lenta velocidad de evaporación (comparada con la acetona o el acetato de etilo) evita que la temperatura en la superficie de la pintura que se está secando sea menor que el punto de rocío, que puede causar condensación en

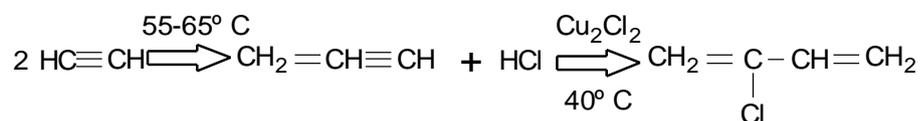
la película y una apariencia moteada en la superficie. Hay otros ésteres de importancia que se utilizan en perfumería y como plastificantes. Entre ellos podemos mencionar el salicilato de metilo, el antranilato de metilo y los ftalatos de dietilo, dibutilo y 2-etilhexilo.

La esterificación del etileno produce ésteres insaturados de vinilo que se emplean en reacciones de polimerización. Los más importantes son: acetato de vinilo, cloruro de vinilo, acrilonitrilo y fluoruro de vinilo. La reacción de adición se puede llevar a cabo en fase líquida, vapor o mixta; la elección depende de las propiedades del ácido. Se debe tener cuidado para reducir la polimerización del éster vinílico producido.

El acetato de vinilo se fabrica haciendo reaccionar etileno con ácido acético en fase vapor sobre un catalizador soportado de paladio.



La reacción se lleva a cabo en un reactor tubular de lecho fijo y es altamente exotérmica. Se recupera suficiente calor en forma de vapor para llevar a cabo la destilación de recuperación, y la reacción tiene lugar de 175° a 200° C bajo presión de 475 a 1000 kPa. Para evitar la polimerización, se añade un inhibidor como difenilamina o hidroquinona. En un proceso más antiguo se hace reaccionar acetileno con ácido acético en fase líquida. La mayor parte del acetato de vinilo se produce actualmente a partir de etileno. El cloropreno, monómero que se utiliza para fabricar neopreno, es el éster clorovinílico del ácido clorhídrico. Se puede obtener mediante polimerización del acetileno hasta formar vinil acetileno utilizando como catalizador una solución débil de  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{Cu}_2\text{Cl}_2$  y  $\text{KCl}$ . Se condensa el agua que sale del reactor con los gases y luego se somete a destilación fraccionada. Después se hace reaccionar ácido clorhídrico acuoso a 35 - 45°C con el vinil acetileno en presencia de  $\text{Cu}_2\text{Cl}_2$  para obtener cloropreno (2-cloro-1,3-butadieno).



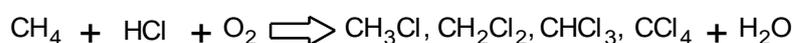
Los ésteres del alcohol alílico, por ejemplo, dialil fosfato, se utilizan como monómeros bifuncionales de polimerización. Se puede obtener por esterificación de anhídrido ftálico con alcohol alílico. Varios ésteres acrílicos, como acrilatos de etilo o metilo, se utilizan mucho y se pueden obtener de ácido acrílico con el alcohol apropiado. Los ésteres son más volátiles que los alcoholes correspondientes.

**HALOGENACIÓN E HIDROHALOGENACIÓN:** se han estudiado las halogenaciones en líquidos y vapores y se encuentra que todas producen una mezcla de productos. La regla informal "se obtiene de todo" parece que se aplica generalmente, y el mayor problema es con frecuencia dirigir el curso de la reacción hacia la obtención del producto deseado. Muchas veces es igualmente difícil la separación de la mezcla en sus componentes.

Casi todas las cloraciones producen HCl como subproducto, y durante años se buscó un método de reutilizarlo en las cloraciones. El proceso Deacon se usa con más frecuencia; en él se emplea la siguiente reacción:

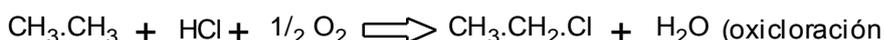
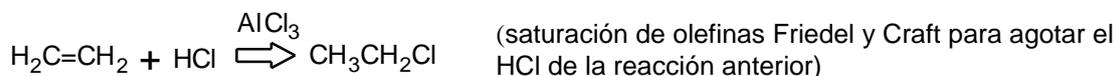
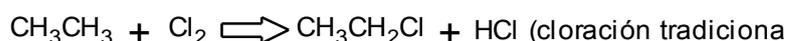


Debido a que ésta reacción tiene una baja conversión por paso, y porque la mayor parte de los componentes son altamente corrosivos respecto a los materiales comunes de construcción, esta nunca tuvo buen éxito comercial. Sin embargo, la reacción se puede utilizar, y se lleva a cabo mediante el procedimiento de oxiclорación. En éste el cloro reacciona con una sustancia reactiva tan pronto como se forma, y así se lleva la reacción hasta su fin. Por ejemplo la oxiclорación del metano:



También se forman algunos hidrocarburos clorados de alto peso molecular. Esta clорación se puede efectuar con  $\text{Cl}_2$ , pero se formará una molécula de HCl por cada  $\text{Cl}_2$  que se introduce, y esto debe tomarse en cuenta para evitar la contaminación del medio ambiente. Con frecuencia se encuentra HCl de bajo costo disponible como subproducto de otras operaciones. Los cloruros cuproso y cúprico, con algo de cloruro potásico formando un catalizador salino fundido, aumentan la velocidad de la reacción. Los clorometanos tienen mucha utilidad y es considerable su producción.

**Clорación del etano:** el etano se puede clorar en condiciones muy similares a las del metanol para obtener una mezcla de etanos clorados. El cloruro de etilo se ha utilizado principalmente (90%) en la fabricación de tetraetilo de plomo, que puede obtenerse por cualquiera de tres métodos:



Dicloruro de etileno: cuando se agrega cloro a olefinas como el etileno, se forma una mezcla de muchos derivados: dicloruro de etileno, dicloroetileno, tricloroetileno, tetracloroetano, clorometanos y clorometanos superiores. Con otros halógenos se obtienen mezclas parecidas. Si se ajusta bien los parámetros de la reacción se logran una buena selectividad de los productos deseados. Por ejemplo, el dicloruro de etileno se puede preparar con un rendimiento del 96% de la siguiente manera:



Los vapores de bromuro de etileno (como catalizador) y el gas  $\text{Cl}_2$  encuentran una corriente de etileno en una torre de clорación a una temperatura de 40° o 50° C.

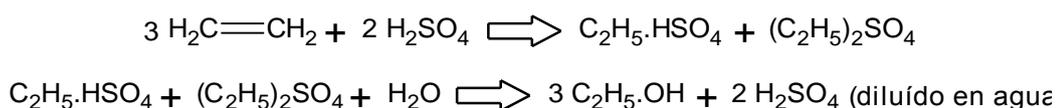
La torre tiene un condensador parcial para separar el catalizador del bromuro de etileno para recircularlo y luego un condensador-separador que separa el etileno que no ha reaccionado para recircularlo también. Por destilación fraccionada se separan los materiales de más alto punto de ebullición. La oxiclорación también se puede utilizar para obtener productos mezclados, como en el caso del metano. El dicloruro de etileno se utiliza en la obtención de etilendiamina y el caucho Thiokol. El percloroetileno (tetracloroetileno,  $\text{CCl}_2 = \text{CCl}_2$ ) se utiliza fundamentalmente en la limpieza de textiles y en el desengrasado en fase vapor. El 1,1,1-tricloroetileno se

obtiene generalmente en el mismo equipo o como subproducto. Tanto la cloración como la oxiclорación se utilizan para proporcionar los reactivos necesarios. Las reacciones siguen el mismo patrón que las de la cloración del etano y metano. Sin embargo, las temperaturas, presiones y relaciones de los reactivos son algo diferentes. El tricloroetano se utiliza para desengrasar en fase vapor o en frío, el 62%; en adhesivo, 12%; en aerosoles, 10%; y en electrónica, 6%.

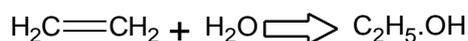
La cloración se utiliza para deshacerse de hidrocarburos clorados indeseables de uno a tres átomos. Aquellos se hacen reaccionar a temperatura alta (700° C) con cloro para obtener una mezcla de tetracloruro de carbono y percloroetileno, que se pueden recircular para obtener otros productos clorados si así se desea. Cuando se obtiene tricloroetileno de acetileno, se puede continuar la cloración hasta pentacloroetano y luego se trata con lechada de cal para formar percloroetileno, pero no es muy rentable.

**HIDRATACIÓN E HIDRÓLISIS:** el alcohol etílico sintético se considera generalmente como un producto de fermentación, pero la mayor parte se fabrica mediante hidratación de etileno. El alcohol obtenido del etileno es más puro y más barato.

En un proceso más antiguo se disuelve etileno en ácido sulfúrico para formar sulfato de etilo, que luego se hidroliza para formar etanol. Siempre se forma algo de éter como subproducto, que se puede vender o recircular.



El rendimiento es de 90% con un 5 a 10% de  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$ . Un método de hidratación directo se utiliza actualmente para más del 85% de la producción:

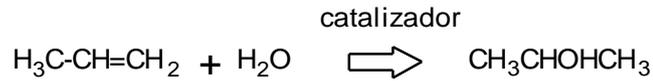


Se emplea como catalizador  $\text{H}_3\text{PO}_4$  a 300° C y 6.8 MPa con un rendimiento de 92 %; la conversión en cada paso es de 4 a 25%, dependiendo de la actividad del catalizador empleado. Se combina etileno y agua con una corriente de recirculación en una relación etileno-agua = 1/0.6 (relación molar), en un horno que calienta la mezcla a 300°C, y los gases reaccionan sobre el catalizador de ácido fosfórico absorbido en tierra de diatomea. Los reactivos no reaccionados se separan y recirculan. El acetaldehído como subproducto es hidrogenado sobre un catalizador para formar más alcohol.

Gran cantidad de etanol y metanol se están usando como mezclas combustibles. El contenido máximo de alcohol que se puede obtener por destilación simple en el alcohol de fermentación es de 95%, y así no se puede mezclar con nafta. El alcohol anhidro sí se mezcla con nafta, pero la adición de una pequeña cantidad de humedad causa su separación. También puede absorber humedad del aire. A pesar de estas desventajas, parece probable que los alcoholes llegarán finalmente a ser combustibles en volúmenes importantes.

El alcohol isopropílico se obtiene fácilmente; es el primero de los productos petroquímicos. Se utiliza para la obtención de acetona, (este uso está declinando debido a la competencia del proceso cumeno con el que se obtiene fenol y acetona). Hay cuatro procesos en competencia:

- ▶ Un proceso con ácido sulfúrico similar al que se describe para la hidratación del etanol,
- ▶ Una hidratación en fase gaseosa utilizando un lecho fijo con catalizador de ácido fosfórico soportado,
- ▶ Una reacción en fase mixta que utiliza un catalizador de resina de intercambio de cationes
- ▶ Una hidratación en fase líquida en presencia de un catalizador de tungsteno disuelto.

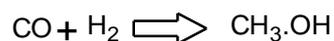


La conversión por paso varía desde un mínimo de 5 % hasta un máximo de 70 % para la reacción en fase gaseosa. La reacción de hidratación utilizando ácido sulfúrico es obsoleta debido al costo de utilizar ácido y sus problemas de contaminación. Los otros procesos son competitivos, no contaminan y dependen de la vida del catalizador y los problemas de recirculación para continuar siendo económicos.

El butanol secundario se puede obtener mediante procesos similares a los descritos para el etileno y el propileno.

**HIDROGENACIÓN, DESHIDROGENACIÓN:** a través de la hidrogenación se obtienen muchos productos químicos, y su empleo está aumentando, sobre todo en la industria de refinería del petróleo. El costo del hidrógeno es el factor principal que restringe su crecimiento. Además de saturar los dobles enlaces, la hidrogenación se puede utilizar para eliminar otros elementos de la molécula. Estos elementos incluyen oxígeno, nitrógeno, halógenos y sobre todo azufre. El craqueo en presencia de hidrógeno se realiza para eliminar el azufre de las fracciones pesadas de petróleo, con lo cual se obtienen productos de alta calidad. Aunque ocasionalmente el hidrógeno para una reacción se suministra mediante moléculas donadoras y algunos procesos antiguos emplean hidrógeno generado por la acción de un ácido o de un álcali sobre un metal, el hidrógeno gaseoso es el reactivo de hidrogenación que se suelen emplear. Las hidrogenaciones se llevan a cabo casi siempre en presencia de un catalizador y con temperatura y presión elevadas. Los catalizadores comunes son los metales nobles, níquel, cobre y varias combinaciones de óxidos metálicos. Con presiones más bajas y temperaturas más altas se favorece la deshidrogenación, pero los catalizadores empleados son los mismos que para la hidrogenación.

El metanol se produce mediante procesos muy parecidos a los que se utilizan para el amoníaco, utilizando CO y H<sub>2</sub> obtenidos por reforma del metano como materias primas y con un catalizador a base de cobre

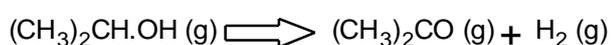


Hay gran interés en el metanol como combustible de uso general. Al igual que el amoníaco, en años recientes se ha visto que la presión para la síntesis desciende de 8 MPa hasta alrededor de 3 MPa; con esto es posible el empleo de compresores centrífugos y ha dado lugar a ahorros considerables. Los nuevos catalizadores han logrado aumentar la conversión. El proceso antiguo de alta presión utilizaba catalizadores de zinc-cromo, pero las unidades de baja presión utilizan catalizadores de cobre muy activos; últimamente se han desarrollado catalizadores para reactores

de lecho fluidizado mezclados con líquidos que pueden convertir hasta el 25% por paso. El contacto de gases de síntesis con catalizadores de hierro caliente completan las reacciones. La producción económica de la mezcla de CO e H<sub>2</sub> es sumamente importante, porque su costo constituye casi el 75% del costo final del metanol. Se utilizan procesos de oxidación parcial tanto de alta como de baja presión. Debido a que el catalizador es afectado por el azufre, los gases se purifican por uno de varios procesos de eliminación de azufre, y luego se alimentan a través de intercambiadores de calor hacia uno de dos tipos de reactores. Con los reactores de lecho fijo se puede generar vapor de alrededor de 4.5 MPa, en cantidad suficiente para impulsar los compresores de gas..

El estireno se produce a partir de etilbenceno por hidrogenación. Muchas cetonas alifáticas de bajo peso molecular se fabrican mediante deshidratación de alcoholes. De esta manera se pueden fabricar acetona, metil etil cetona y ciclohexanona.

La acetona es la cetona que se emplea en mayor cantidad y así toda se produce actualmente como subproducto en la fabricación de fenol a partir del cumeno. La fabricación a partir de isopropanol sigue la siguiente reacción:



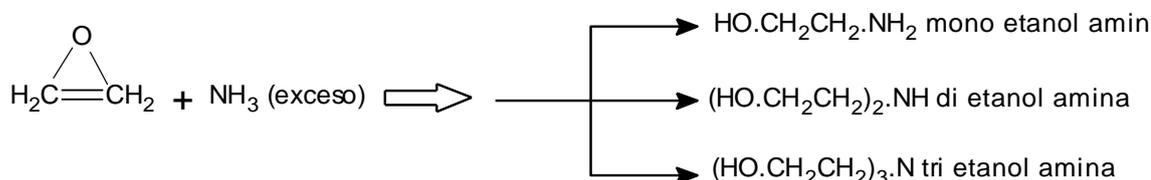
Esta reacción tiene lugar alrededor de 200 kPa y 350° C dando una conversión por paso del 85 al 90%, utilizando un catalizador de acetato de cobre o zinc; después se purifica mediante destilación.

**NITRACIÓN:** la nitración ofrece un método para convertir parafinas no reactivas en sustancias reactivas sin necesidad de craqueo. Debido a que el ácido nítrico y los óxidos de nitrógeno son agentes oxidantes fuertes, siempre hay oxidación durante la nitración. La nitración de productos aromáticos ha sido importante desde principios del siglo, en especial para la producción de explosivos. El nitrobenceno es probablemente el más importante producto de nitración. Determinados ésteres del ácido nítrico (nitrato de celulosa, trinitro glicerina) se consideran con frecuencia como compuestos nitro.

**Nitroparafinas:** La nitración en fase vapor de hidrocarburos parafínicos, en particular el propano, se puede llevar a cabo sin catalizador por contacto de un gran exceso de hidrocarburo y vapores de ácido nítrico a 400°C aproximadamente, seguido de un enfriamiento rápido. Se obtiene una multitud de productos nitrados y oxidados de la nitración del propano; aparecen nitrometano, nitroetano, nitropropanos, CO<sub>2</sub>, etc., pero los rendimientos de productos útiles es baja. Los materiales de construcción deben ser muy resistentes a la oxidación y por lo general son de acero esmaltado. Las nitrometano tienen uso limitado como combustible para automóviles de alta performance. Sus productos de reducción, las aminas, y otros compuestos hidroxigenados que resultan de la condensación del aldol ha hecho posible gran número de síntesis alifáticas nuevas debido a su alta reactividad.

**AMINACIÓN:** la aminación, o reacción con amoniaco, se utiliza para formar las aminas tanto alifáticas como aromáticas. La reducción de compuestos nitrogenados es el proceso tradicional para la producción de aminas, pero el amoniaco o el amoniaco sustituido (aminas) reaccionan directamente para formar aminas. En la producción de anilina mediante aminación ahora excede a la producida mediante reducción (de nitrobenceno). Las etanolaminas son muy útiles, porque la alcalinidad de los compuestos varían con el grado de sustitución, disponiéndose de gran

variedad de propiedades a partir de sus sales. Se obtiene una mezcla en equilibrio de las tres aminas cuando se burbujea óxido de etileno a través de amoniaco acuoso al 28% a una temperatura de 30 a 40° C. Mediante la recirculación de los productos de la reacción, alterando las temperaturas, presiones y la relación de amoniaco con el óxido de etileno, pero siempre con un exceso de amoniaco, es posible que predomine la amina deseada. El gas diluyente altera también la relación de productos.



Después de la reacción, que es fuertemente exotérmica, se recuperan los productos de reacción y se separan mediante evaporación instantánea haciendo recircular el amoniaco, y sometiendo después los productos amínicos a destilación fraccionada. La demanda de las aminas individuales oscila mucho, así que se debe mantener el proceso flexible para satisfacer las necesidades cambiantes.

Las metilaminas se obtienen mediante la reacción de metanol gaseoso con un catalizador a temperatura de 350° a 400° C y 2 MPa, y destilando luego la mezcla reaccionada. Es posible tener cualquier relación de mono-, di- o trimetilaminas mediante la recirculación de los productos no deseados. El 40% de la monometilamina se utiliza en explosivos; el 33% en insecticidas, y el 8% en surfactantes. El 40% de la dimetilamina se utiliza en la fabricación de dimetilformamida y acetamida; en pesticidas, 14%, y en tratamiento de aguas, 13%.

El 70% de la trimetilamina se emplea para formar cloruro de colina, y el 20% en la fabricación de biocidas y alguicidas.

Se pueden fabricar otras alquilaminas de manera parecida a partir del alcohol y de amoniaco. Metil, etil, isopropil, ciclohexil y combinaciones de aminas tienen mercados relativamente pequeños y generalmente se obtienen de la reacción del alcohol correcto con amoniaco anhidro en la fase vapor.

**OXIDACIÓN:** la oxidación controlada es un método muy importante de obtención de productos. Uno de los grandes problemas que se plantean es la reacción competitiva de combustión de los reactantes. Por regla general se desea romper los enlaces C-H o C-C y remplazarlos con enlaces C-O. El oxidante más abundante es el aire, pero dado que éste contiene una gran cantidad de nitrógeno no reactivo que insume mucho calor para su calentamiento y diluye los productos, haciendo más difícil su recuperación. Para algunos casos raros, el ozono es la forma preferida de oxígeno, pero la mayor parte de las oxidaciones se producen con oxígeno puro, que se obtiene por destilación del aire. El oxígeno tiene la ventaja que es más económico que el aire, debido sobre todo al incremento en los rendimientos, reducción en los intervalos de recirculación, velocidades de reacción más altas, menor tamaño del equipo y menos calor perdido a causa del nitrógeno. Industrialmente se emplean tanto reacciones en fase líquida como en vapor. Todas las reacciones de oxidación son extremadamente exotérmicas, así que la eliminación del calor puede ser un problema. El catalizador que más se emplea es el  $\text{V}_2\text{O}_5$ , que es eficaz a 400°C aproximadamente.

Los productos obtenidos incluyen ácido acético, anhídrido acético, acetaldehído, formaldehído, acetona, butiraldehído, acetato de etilo, butanol y acetato de vinilo. El costo de separar dichas mezclas forma una parte considerable

del costo total de la producción. Utilizando distintos catalizadores para la oxidación del GPL se puede realizar algún control sobre el producto obtenido. Por ejemplo, la oxidación en fase líquida de butano a una temperatura de 175°C y 5,5 MPa con un catalizador de cobalto produce 60% de ácido acético y 6% de ácido fórmico. Utilizando un catalizador de manganeso se obtiene 62% de ácido acético y 23% de ácido fórmico.

El fenol se obtiene actualmente mediante dos procesos, ambos de oxidación. El proceso principal, la oxidación de cumeno para tener hidroperóxido de cumeno, seguido por la descomposición para obtener fenol y acetona.

También se obtiene una pequeña cantidad de fenol cuando se produce la oxidación de tolueno para obtener ácido benzoico.

La mayor parte del ácido benzoico (54%) se utiliza como materia prima en la producción de fenol, pero se usan cantidades importantes para hacer plastificantes, cloruro de benzoilo, benzoato de sodio, y benzoato de butilo. Todos los productores en Estados Unidos utilizan la oxidación en fase líquida de tolueno sobre un catalizador de naftenato de cobalto con aire como agente oxidante. Un proceso más antiguo que aún se utiliza en Europa incluye la halogenación de tolueno para formar tricloruro de benzoilo y luego descomponerlo para obtener ácido benzoico.

El ácido y el anhídrido maleico se recuperan como subproductos de la oxidación de xilenos y naftalenos durante la formación de ácidos ftálicos y también se pueden obtener específicamente mediante la oxidación parcial de benceno con un catalizador de  $V_2O_5$ . Ésta es una reacción altamente exotérmica, y existen varias modificaciones del proceso básico incluyendo uno donde se utiliza butileno como materia prima.

La oxidación parcial también se puede utilizar para elevar la temperatura y lograr así la descomposición de los hidrocarburos. Como ejemplo de esto se tiene la fabricación de negro de humo y acetileno. El ácido fórmico se obtiene en Europa mediante la oxidación de formamida. Todo el ácido fórmico producido en Estados Unidos es un subproducto de la oxidación en fase líquida de n-butano para obtener ácido acético. Del ciclohexano se obtienen caprolactama, ácido adipico y hexametilén diamina. Casi todo el ciclohexano de alta pureza se obtiene mediante la hidrogenación de benceno, mas para uso como disolvente se obtiene mediante destilación cuidadosa de fracciones de petróleo.

Existen varias rutas de oxidación para convertir ciclohexano en ciclohexanona, ciclohexanol y, finalmente, en ácido adipico o caprolactama. Si se hidrogena fenol, se obtiene directamente ciclohexanona; que reaccionará con hidroxilamina para dar ciclohexanona oxima, que se convierte en caprolactama mediante un reordenamiento ácido. El ciclohexano también se puede convertir en ácido adipico, después en adiponitrilo, el cual se puede convertir en hexametilendiamina. Se utiliza el ácido adipico y la hexametilendiamina para formar nylon 6,6. Esta ruta para la obtención de hexametilendiamina es competitiva con rutas alternas que utilizan buteno.

El acetaldehído tiene una excelente venta como precursor de ácido acético, 1,3-butilen glicol, glioxal, pentaeritritol, ácido peracético y piridinas. Hay varios procesos en competencia:

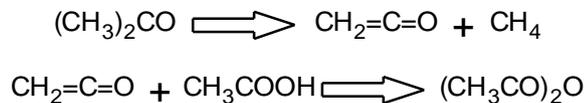
- ▶ El proceso más antiguo es mediante la hidratación de acetileno, que ya no tiene importancia,
- ▶ El proceso Wacker desarrollado por Hoechst comienza con la oxidación de etileno directamente con aire o con oxígeno al 99%. El catalizador es cloruro de paladio con un acelerador de cloruro de cobre. Se hace burbujear el etileno gaseoso, a presión atmosférica, a través de la solución en su punto de ebullición. El calor de

la reacción se elimina por ebullición del agua. El gas que no reacciona se recircula después de la condensación del acetaldehído con agua, que luego se separan mediante destilación.

- ▶ Al pasar alcohol etílico sobre un catalizador de cobre o plata se obtiene alrededor de 25% de conversión en acetaldehído, y luego, con recirculación, se puede lograr un rendimiento del 90 al 95%.
- ▶ Hidrocarburos parafínicos de bajo peso molecular se pueden oxidar sin catalizadores para producir compuestos mixtos, contándose entre ellos el acetaldehído y el ácido acético. La preparación de dichas mezclas es difícil.

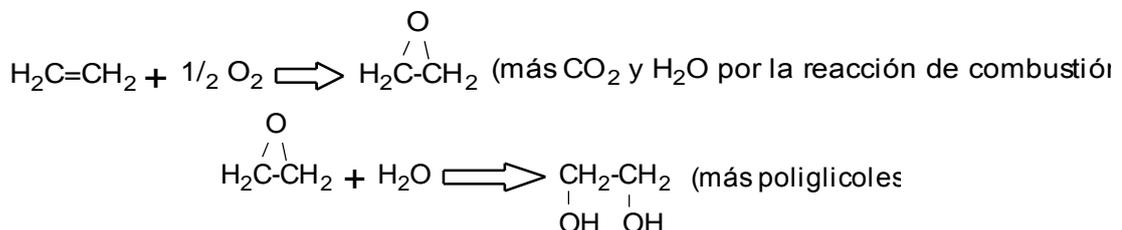
Casi el 50% del acetaldehído producido se utiliza para obtener ácido acético y también para obtener anhídrido acético.. Actualmente, el ácido acético también se produce directamente por la carbonilación de metanol.

La reacción entre ceteno y ácido acético produce el anhídrido pero la cantidad de energía requerida para producir el ceteno (la desintegración de acetona da ceteno y metano) es muy grande.



El uso principal del anhídrido acético es para fabricar acetato de vinilo y otras acetilaciones.

El etilenglicol, del cual se consume el 40% para la fabricación de anticongelantes, y el 50% en fibras y películas, es un producto petroquímico de importancia y lo ha sido durante muchos años. Como la mayor parte de los otros alcoholes, se obtenía originalmente mediante la reacción de cloro y agua (HOCl) con etileno para formar la clorhidrina, que después se hidrolizaba para dar glicol. Este procedimiento y algunos otros (formaldehído + CO<sub>2</sub>, fermentación, oxidación de propano) es ahora obsoleto tanto técnicamente como por su influencia en el medio ambiente. El proceso que en la actualidad se utiliza es hacer reaccionar el etileno con oxígeno o aire en un reactor tubular sobre un catalizador de óxido de plata para formar óxido de etileno. Debido a la baja volatilidad del glicol, es preferible purificar el óxido de etileno y luego convertirlo en glicol mediante hidratación. Sin embargo durante la hidratación se forman poliglicoles, en especial el di y trietilenglicol. Las reacciones son:



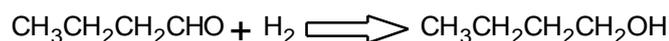
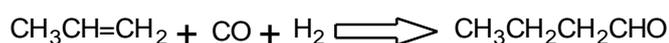
Se añade dicloruro de etileno (menos de 1 ppm) a una mezcla de etileno y aire en la relación de 1:10 para reducir la oxidación a CO<sub>2</sub>, y la mezcla se pasa sobre un catalizador de óxido de plata a presión atmosférica y 280° C con un tiempo de contacto de 1 segundo. Con esto se logra del 60 al 70% de conversión del etileno. El óxido del etileno se elimina del efluente mediante lavado con agua, y los componentes que no reaccionaron se hacen recircular.

La conversión en fase líquida del óxido de etileno en glicol emplea una solución diluida de ácido sulfúrico a 60°C y es una reacción bastante lenta que

requiere de 30 minutos a una hora. Se emplea un exceso de agua y los mono-, di- y trietilenglicoles se separan mediante destilación al vacío.

Los productos aromáticos obtenidos por oxidación incluyen los ácidos ftálicos a partir de xilenos o naftalenos, tolueno de benzaldehído y ácido benzoico, cumeno de hidroperóxido de cumeno y benceno de ácido y anhídrido maleico.

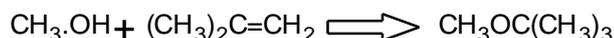
**HIDROFORMILACIÓN, LA REACCIÓN OXO:** las reacciones oxo ofrecen la manera de convertir n-olefinas en aldehídos y/o alcoholes que contienen un átomo adicional de carbono.



La olefina en estado líquido reacciona a una presión de 27 a 30 MPa y una temperatura de 150° a 170° C en presencia de un catalizador de cobalto soluble. Se forma acetaldehído con una cantidad menor de alcohol, que se evapora con vapor, y el catalizador se recircula. Se obtienen conversiones de más del 97 %. La reacción es extremadamente exotérmica. El CO y H<sub>2</sub> se por reforma del metano. Cuando el hidrocarburo que se utiliza es propileno, se forma n- e iso-butiraldehído. Esta reacción se lleva a cabo frecuentemente con olefinas de C<sub>3</sub> y C<sub>7</sub> a C<sub>12</sub>. Cuando se emplean olefinas C<sub>7</sub>, se forma una serie de dimetil- y etilhexanoles y metil heptanoles que se utilizan como alcoholes "octílicos" para hacer plastificantes y ésteres.

**POLIMERIZACIÓN:** la polimerización, por la variedad de productos que se obtienen, se estudiará aparte.

**PRODUCTOS DIVERSOS:** el metil ter butil éter, MTBE, se usa, a partir de la prohibición de utilizar plomo tetraetilo, para elevar el número de octanos de las naftas (se combina como si tuviera un número de octano de 115 a 135). También ofrece un método para eliminar selectivamente isobutileno de una corriente mixta de C<sub>4</sub> permitiendo así la recuperación de buteno-1 de alta pureza. También despierta interés porque el MTBE se puede aislar, y luego craquear para proporcionar isobutileno y metanol de pureza muy alta. La reacción para la obtención de MTBE se efectúa rápidamente y con una alta selectividad al hacer reaccionar una fracción mixta de buteno-butano con CH<sub>3</sub>OH en fase líquida sobre un lecho fijo de catalizador tipo resina de intercambio iónico. Las reacciones son:

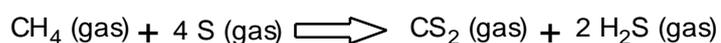


El efluente del reactor se destila, obteniéndose MTBE de 99% de pureza. Un bajo porcentaje de isobutileno permanece sin convertir y puede ser recuperado mediante el empleo de una segunda unidad.

Cantidades de azufre en constante aumento se están recuperando de las operaciones de refinería y de los procesos que emplean gas natural. La hidrodesulfurización libera azufre, generalmente como H<sub>2</sub>S, de las fracciones más pesadas del petróleo, y éste puede ser recuperado. El azufre Frasch es más costoso que el azufre recuperado, así que se ha convertido en el material que suministra los faltantes de azufre después que se ha utilizado todo el azufre recuperado. Ésta es precisamente la condición en la que se encuentran los fabricantes de acetona a

partir de alcohol isopropílico. El azufre se recupera mediante variaciones en el proceso Claus.

El disulfuro de carbono se utiliza principalmente para la fabricación de rayón. La ruta tradicional era un proceso electrotérmico que utilizaba coque y azufre, pero ahora la mayor parte se obtiene mediante una reacción catalítica entre metano y azufre. Las reacciones son:



Esta reacción se produce sobre un catalizador de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ó  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  a una temperatura de  $700^\circ \text{C}$  y a  $270 \text{ kPa}$  de presión. La conversión por paso basado en metano es de alrededor de  $90\%$ . El  $\text{H}_2\text{S}$  se puede convertir en azufre y volverse a emplear o hacer reaccionar con coque para formar más  $\text{CS}_2$ .