



 EFICIENCIA
ENERGÉTICA
EN ARGENTINA



Proyecto financiado
por la Unión Europea

INFORME DE DIAGNÓSTICO DEL SECTOR PETROQUÍMICO

OCTUBRE, 2019

Proyecto
implementado por:



La presente publicación ha sido elaborada con el apoyo financiero de la Unión Europea. Su contenido es responsabilidad exclusiva del consorcio de implementación liderado por GFA Consulting Group y no necesariamente refleja los puntos de vista de la Unión Europea



“Eficiencia Energética en Argentina”, apostando por conformar un sector energético más sostenible y eficiente en Argentina

Este documento ha sido elaborado por el siguiente equipo: Autor principal, Carlos Octtinger; Especialista energético, Gustavo Nadal; asistente, Hilda Dubrovsky; coordinación, Daniel Bouille en el marco del Proyecto “Eficiencia Energética en Argentina” financiado por la Unión Europea.

© Consorcio liderado por GFA Consulting Group, 2019. Reservados todos los derechos. La Unión Europea cuenta con licencia en determinadas condiciones



ÍNDICE

Presentación del Proyecto de Eficiencia Energética en Argentina	5
Diagnóstico Sector petroquímico.....	8
1. Caracterización Sectorial Económica y Energética.....	9
1.1. ¿Qué es un producto petroquímico?.....	9
1.2. Interrelaciones entre la cadena de valor de la industria química y la economía	15
1.3. Evolución del nivel de actividad.....	16
1.4. Grado de concentración, principales empresas según eslabón y capacidad instalada	19
1.5. Evolución del empleo.....	23
1.6. Posición de la industria petroquímica argentina en el Mercosur	23
2. Aspectos tecnológicos y procesos productivos.....	25
2.1. Producción de etileno.....	25
3. Consumos Energéticos y Benchmarking	28
3.1. Consumos	28
3.2. Benchmarking.....	30
4. Medidas de Eficiencia y barreras:	32
4.1. Medidas de EE en el sector.....	32
4.2. Barreras.....	34
Anexo 2. Sumario de oportunidades de mejoras en la industria petroquímica	38
Anexo 3. Reciclado de plásticos una vía para lograr la eficiencia energética	44
Anexo 4. Gerenciamiento de la energía.....	45
Bibliografía	47

INDICE DE GRAFICOS

Esquema lógico de trabajo, incluyendo diagnósticos/prediagnósticos	7
Gráfico 1. Cadenas de valor de la industria Química	8
Gráfico 2. Fuentes de materia en la Industria Petroquímica.	9
Gráfico 3. Cadena de valor de la industria de hidrocarburos	13
Gráfico 4. Cadena de valor de la industria petroquímica.....	14
Gráfico 5. Cadena de valor de la industria química y petroquímica.	15
Gráfico 6. Situación Global de la Cadena de valor de la industria química.....	16
Gráfico 7. Evolución de la Capacidad Instalada de la Industria Petroquímica.....	17
Gráfico 8. Evolución del Consumo Aparente Polietileno y el Polipropileno.	18
Gráfico 9. Proyecciones del consumo aparente petroquímico.....	19
Gráfico 10. Polo Petroquímico Bahía Blanca.....	21



Gráfico 11. Áreas de Desarrollo Petroquímico.....	22
Gráfico 12. Proceso productivo del Etilenol.....	26
Gráfico 13. Proceso productivo del Etileno.....	27
Gráfico 14. Proceso	28
Gráfico 15. Estructura del consumo energético en Química y Petroquímica (kTep y %)	29
Gráfico 16. Estructura del consumo energético industrial manufacturero.	30
Gráfico A.1.1. Diagrama de bloques.....	37
Gráfico A.2.1. Sistemas de bombeo.	40
Gráfico A.2.2. Sistemas de vapor.	40
Gráfico A.2.3. Sistemas de vapor	41
Gráfico A.2.4. Punto Pinch.	43

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Proyectos de etileno de gran escala.	20
Tabla 2. Evolución del Empleo en el sector Petroquímico.....	23
Tabla 3. Evolución de la Industria Petroquímica en producción, consumos de gas y electricidad.....	29
Tabla 4. Benchmarking de Eficiencia Energética.	31
Tabla 5. Medidas de eficiencia definidas por actores en el taller de la UIA.....	34
Tabla 6. Barreras a la eficiencia definidas por actores en el taller de la UIA.....	36



Presentación del Proyecto de Eficiencia Energética en Argentina

Este Diagnóstico de la Industria Petroquímica¹ se enmarca en un proyecto de Cooperación entre la Unión Europea y Argentina, "*EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ARGENTINA*", financiado por el *Partnership Instrument de la Unión Europea*.

El proyecto como tal tiene como **OBJETIVO GENERAL**, **contribuir a la estructuración de una economía nacional más eficiente en el uso de sus recursos energéticos disminuyendo la intensidad energética de los diferentes sectores de consumo**. Los **OBJETIVOS PARTICULARES** son:

- I. Contribuir al cumplimiento de los compromisos de reducción de gases de efecto invernadero asumidos en la Contribución Nacional de la República Argentina a través del Acuerdo de París de 2015.
- II. Desarrollar un Plan Nacional de Eficiencia Energética (PlanEEAr), junto con el marco regulatorio requerido para su implementación que se oriente, especialmente, a los sectores industria, transporte y residencial.
- III. Recibir asistencia técnica de la UE para determinar estándares de eficiencia y etiquetados de performance energética, implementar sistemas de gestión de la energía en industrias, optimizar el consumo energético en el sector público, y participar en actividades internacionales relacionadas, beneficiándose de buenas prácticas y mejoras tecnológicas de eficiencia en el uso de la energía.

El proyecto está implementado por un consorcio liderado por *GFA Consulting Group* (Alemania) junto con *Fundación Bariloche* (Argentina), *Fundación CEDDET* (España) y *EQO-NIXUS* (España) bajo la coordinación de la Subsecretaria de Energías Renovables y Eficiencia Energética de la Secretaría de Energía de la Nación (SSERyEE), y de la Delegación de la Unión Europea (DUE) en Argentina.

El proyecto se encuentra estructurado en dos componentes y ocho actividades (Task) que se mencionan a continuación y que interactúan entre sí y alimentan al desarrollo del plan nacional de eficiencia. Cada task cuenta además con un conjunto de actividades.

COMPONENTE I: DESARROLLO DE UN MARCO PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

- Actividad I.1: Asistencia técnica para el desarrollo del Plan Nacional de Eficiencia Energética
- Actividad I.2: Balance Nacional de Energía Útil para los sectores: Residencial (Encuesta Nacional de Gastos de los Hogares ENGHo-INDEC), **Industria (5000 establecimientos a encuestar)** y Transporte (45000 encuestas en estaciones de servicio)
- Actividad I.3: Asistencia Técnica para reformas políticas
- Actividad I.4: Eventos anuales Argentina-Unión Europea para la Eficiencia Energética

COMPONENTE II: TECNOLOGÍAS Y KNOW-HOW PARA SECTORES CLAVE

- Actividad II.5: Diagnósticos en Eficiencia Energética para sectores clave de la industria, en el marco de las redes de aprendizaje.
- Actividad II.6: Modelos de financiamiento para proyectos de Eficiencia Energética
- Actividad II.7: Soporte a planes municipales de Eficiencia Energética
 - Actividad II.7a: Certificación en edificios residenciales
 - Actividad II.7b: Auditorias en edificios públicos
 - Actividad II.7c: Eficiencia Energética en manejo de flotas

¹ Este documento ha sido elaborado por el siguiente equipo: Autor principal, Carlos Octtinger; Especialista energético, Gustavo Nadal; asistente, Hilda Dubrovsky; coordinación, Daniel Bouille.



- Actividad II.8: Unión Europea – Argentina Matchmaking event

La elaboración de este diagnóstico se enmarca dentro de la Actividad I.1. en la que se desarrollará una propuesta de diseño de política energética. Ese diseño puede resumirse en torno un conjunto de preguntas clave que guiarán el trabajo y que se resumen así: ¿de qué se parte?, es decir la situación actual del país o región; ¿a qué se aspira?, la situación deseada, visión u objetivo final que se pretende alcanzar; y ¿cómo actuar?, el conjunto de estrategias sectoriales (conformadas por diferentes acciones) que forman parte de la planificación de las políticas públicas. Estas preguntas pueden ser complementadas por aquellas que guían a la selección de sectores o subsectores prioritarios en los cuales actuar (¿dónde?), la selección de las líneas estratégicas u acciones que pueden motivar el alcance de los objetivos (¿cómo?), la identificación de los motivos por los cuales estas acciones no se implementan por parte de los actores, es decir las barreras o problemas que se enfrentan (¿por qué?), la identificación de los instrumentos a utilizar (¿con qué?), qué acciones implementar (¿por medio de qué?), y de qué forma evaluar (¿cómo medir?).

El proceso de elaboración del PlanEEAr se iniciará con un **diagnóstico de la situación actual** en el país en términos de consumo energético, eficiencia energética, planes y programas implementados a nivel nacional, del objetivo en términos de metas o *targets* de eficiencia energética; y de la situación de cada uno de los 19 sectores productivos² que han sido definidos como relevantes por parte de la Secretaría de Energía, entre los que se encuentra la Industria petroquímica.

El objetivo de los diagnósticos es dar una caracterización preliminar de la situación económica y energética, basados en información existente sobre trabajos desarrollados por la Secretaría de Gobierno de Energía y la opinión de actores clave, para ser utilizados en el PlanEEAr y en la elaboración de escenarios socioeconómicos y energéticos. Estos diagnósticos energéticos serán complementados, cuando sea posible, con la información del Balance Nacional de Energía Útil (BNEU) (Actividad I.2) y diagnósticos energéticos (Actividad II.5), en particular para las redes de aprendizaje del sector industrial.

Es importante destacar que, si bien se ha definido un contenido de máxima información a recopilar durante estos diagnósticos, el alcance de los mismos, depende de la información disponible y de la relevancia del sector en términos de consumo energético, emisiones o variables económicas. Así, no todos los diagnósticos sectoriales tienen el mismo grado de detalle, desarrollo o profundidad de diagnósticos.

Respecto de la metodología para la elaboración de diagnósticos, la misma se basa en dos etapas. En primer lugar, revisión de escritorio de información secundaria. En segundo lugar, se realizan entrevistas con actores clave o informantes calificados, y talleres participativos de trabajo.

² Esos 19 sectores son: Sector Primario, Minería, Producción de Petróleo y Gas, Sector Alimenticios, Textil, Sector Papelero, Madera y Carpintería, Sector Refinación petrolera y producción de combustible nuclear, Sector Químico y Petroquímico, Sectores metales y no metales, Sector metalmeccánico, Sector Automotriz, Reciclado, Oferta de Electricidad, Gas Natural y Agua, Construcción, Comercio, Hoteles y restaurantes, Transporte, y Administración pública, enseñanza, social y salud.

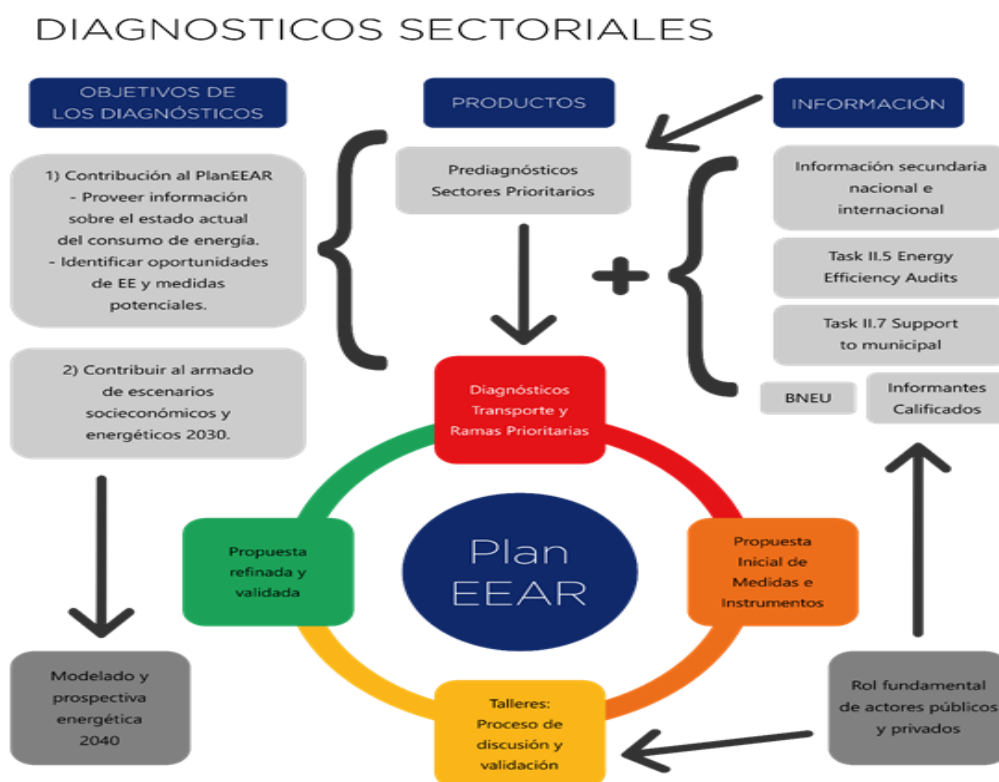


Los diagnósticos permiten establecer el potencial de eficiencia energética y las medidas a implementar para alcanzar estos potenciales. Luego, se realiza un análisis de barreras para la implementación de dichas medidas. Esta etapa de análisis de barreras en los sectores priorizados para ser incluidos en el PlanEEAR debe ser realizado en conjunto con los actores, y es una etapa de especial importancia ya que para que el Plan se encuentre bien diseñado los instrumentos seleccionados deberán ser los adecuados para remover las barreras identificadas. El Taller de discusión del mes de septiembre de 2019, en el que participaron las principales industrias del país, ha sido el cierre de esta etapa de diagnóstico, por ello ha sido, de suma importancia la participación de los representantes del sector.

Se espera que, en el avance del proceso participativo, se elaboren Escenarios Socioeconómicos y Energéticos (la situación deseada, visión u objetivo final que se pretende alcanzar) que serán modelados, con los que se simularán y cuantificarán los impactos de la implementación de las medidas de eficiencia finalmente adoptadas por los sectores en los procesos participativos del proyecto.

El esquema lógico adoptado en el que se insertan los diagnósticos es el que se representa en la figura siguiente.

Esquema lógico de trabajo, incluyendo diagnósticos/prediagnósticos



A continuación, se presenta el documento sectorial elaborado. El mismo ya ha sido entregado a la Cámara de la Industria Química y Petroquímica e incluye las principales observaciones recibidas³.

³ Reunión del 10/7/19 con: Rolando García Valverde (Responsable de Desarrollo Sustentable y Medio Ambiente) y Andrea Ratto (Área Energía).



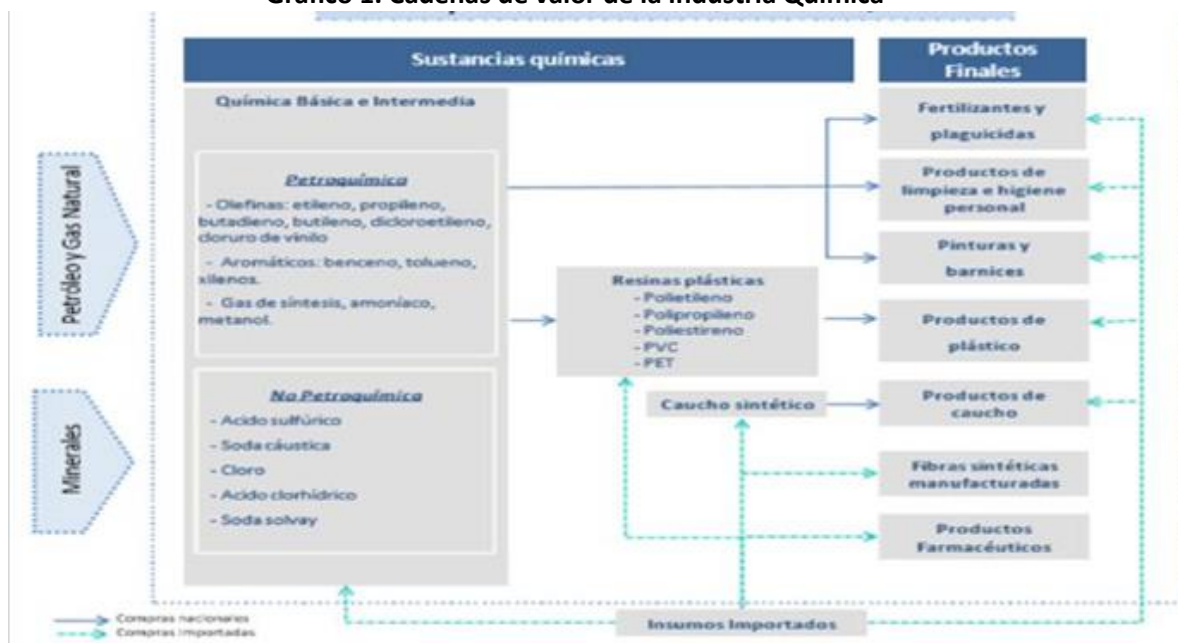
Diagnóstico Sector petroquímico

Por su relevancia, se analiza a continuación de manera preliminar la situación económica, tecnológica, y energética⁴ de la industria petroquímica de Argentina. Este estudio se basa en diferentes fuentes de información⁵, se espera sea complementado con: entrevistas a los actores más relevantes del sector; los resultados de la encuesta industrial (BNEU); las redes de aprendizaje/auditorías; y los talleres discusión y validación.

El alcance del estudio se centrará en las industrias de **productos químicos de uso intermedio**, los que si bien representan cerca del 55% del consumo aparente del sector, medido en dólares corrientes, en términos energéticos resultan ser los mayores demandantes de energía, ya que muchas de estas producciones son electro intensivas y requieren gas natural, sus derivados o derivados del procesamiento de petróleo como materia prima y gas natural o fuel oil como energía que se utiliza para calentamiento de hornos y/o generación de vapor.

El resto de la industria está representado por: pinturas y barnices, jabones, productos de limpieza y cuidado personal, cosméticos y medicamentos. Generalmente todas estas industrias utilizan solamente procesos de mezclado, pastillado y envasado; inclusive si se producen los principios activos de ellos, medicamentos o los componentes de cosméticos se trata de procesos que requieren muy poca energía y pequeños volúmenes comparado con los anteriores, inclusive algunos de estos productos derivan de los productos intermedios como por ejemplo de la petroquímica en el caso de los detergentes.

Gráfico 1. Cadenas de valor de la industria Química



Fuente: Elaboración Propia en base a IPA y COU (2004).

⁴ También se realiza una comparación con los consumos energéticos sectoriales de industrias de USA y la UE.

⁵ Ministerio de Economía y Finanzas Públicas de la Nación, INDEC, ex Ministerio de Economía y Finanzas Públicas de la Nación; Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, Observatorio del Empleo y Dinámica Empresarial (OEDE) del Ministerio de Trabajo, webs empresariales, bibliografía nacional e internacional citada, información de Cammesa, ENARGAS, DOE, ICF International/UE, EUROSTAT (Statistical office of the European Union), etc.



1. Caracterización Sectorial Económica y Energética

1.1. ¿Qué es un producto petroquímico?

Los productos petroquímicos están basados principalmente en átomos de Carbono e Hidrógeno (Hidrocarburos) y en ciertos casos en otras moléculas como Oxígeno, Cloro y Nitrógeno. Los productos derivan del petróleo y el gas natural.

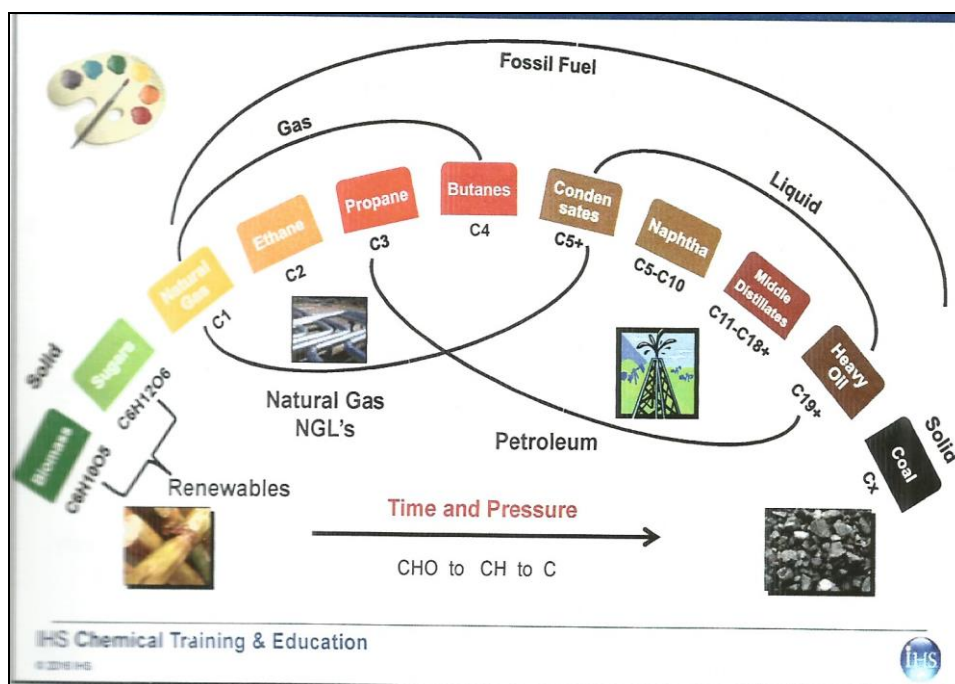
El término petroquímico se comenzó a usar en las décadas del 20 al 30 del siglo pasado, a medida que crecía la industria del petróleo y la producción de químicos a partir del Carbón no fue suficiente para sostener la demanda.

La industria tiene 6 productos químicos básicos: **Gas de Síntesis (CO+H₂) Etileno, Propileno, Butano, Butilenos y Aromáticos (Benceno, Tolueno y Xilenos)**. Las materias primas claves provienen del Gas Natural (Metano, Etano, Propano, Butanos) y de la refinación del petróleo, especialmente corrientes livianas del Cracking Catalítico y Nafta petroquímica (también llamada nafta virgen) proveniente de la destilación del petróleo. Aunque recientemente se observa una tendencia a utilizar directamente petróleo o cortes pesados con el objetivo de producir la mayor cantidad posible de productos petroquímicos y combustibles de alta calidad; esto se debe a que la demanda de combustibles crece a nivel global a mucho menor ritmo (<1% anual) que la de petroquímicos (+/- 5% anual).

Otras fuentes de materias primas son el carbón fuertemente empleado en China y Biomasa, celulosa y azúcar que comienzan a interesar a la luz del crecimiento de la conciencia ambiental, aunque por el momento los costos a partir de recursos renovables son mucho más elevados que los que se logra a partir de hidrocarburos, a los actuales precios de la energía.

La figura siguiente, incluye todas las fuentes de materia prima inclusive aquellas que no provienen de los recursos hidrocarburíferos.

Gráfico 2. Fuentes de materia en la Industria Petroquímica.



Fuente: IHS, Chemical Training & Education



Los productos petroquímicos como se verá más adelante al analizar la Cadena de Valor Petroquímica se pueden ubicar en tres grandes grupos:

- Productos básicos: Aromáticos, Olefinas, Gas de Síntesis y sus derivados (Metanol y Amoníaco).
- Productos petroquímicos finales: Son aquellos que alimentan a otras industrias: plásticos, fibras sintéticas, cauchos sintéticos, detergentes, fertilizantes, mejoradores de octano en la nafta.
- Productos Intermedios: Son productos que se ubican en la cadena de valor entre los dos anteriores y que permiten llegar a los productos finales: entre otros, cloruro de vinilo, estireno, ácido tereftálico, etilenglicol, caprolactama, formaldehido, fenol.

En el siguiente análisis se incluyen los productos, petroquímicos producidos en el país y aquellos que se importan para alimentar la etapa siguiente (a estos se los identifica en **rojo**) mientras que a los producidos en el país se los identifica en **negro**)

Derivados del petróleo

- Productos Básicos
 - **Benceno, Tolueno. Xilenos**
 - **Butenos/Butanos**
 - **Nafta Petroquímica/Etileno**
 - **Propileno**
- Productos Intermedios Commodities
 - **Etil Benceno**
 - **Ácido Tereftálico**
 - **Metil Ter Butil Eter (MTBE)**
 - **Negro de Humo**
 - **Caprolactama**
 - *Alcohol Isopropílico/Acetona (Discontinuados)*
 - **Diisocianato de Tolueno**
 - **Bisfenol A**
 - **Fenol**
 - **Metacrilato de Metilo**
 - **Butadieno**
 - **Estireno**
- Productos de uso final de la Industria Petroquímica derivados de la Refinación del Petróleo
 - **Ácido Tereftálico**
 - **Poliuretano**
 - **Poliestireno**
 - **Nylon 6 (discontinuado)**
 - **Resinas Fenol Formaldehido (El Formaldehido proviene del Metanol con origen en gas natural)**
 - **Resinas Poliester grado textil**
 - **Polietilen Tereftalato (PET el Etilen Glicol es importado y proviene de la vía Gas Natural/Etileno)**
 - **Caucho Estireno Butadieno SBR**
 - **Polímeros Acrílicos**
 - **Solventes**
 - **Adhesivos**



- Polipropileno
- Alcoholes Oxo (Superiores Butilenos +Gas de Síntesis)
- Alquil Benceno Lineal (LAB)
- Resinas Poliéster con Estireno

Derivados del gas natural

- Productos Básicos
 - Etileno
 - Gas de Síntesis (Mezclas de Monóxido de Carbono e Hidrógeno CO/H₂)
 - Cloro y Soda Cáustica (Cl₂ proviene de la industria química, sus materias primas son Sal Común y Electricidad)
- Productos Intermedios Commodities
 - Cloruro de Vinilo
 - Amoníaco
 - Ácido Nítrico
 - Metanol
 - Anhídrido maleico
 - Acetato de Vinilo
 - Óxido de Propileno
 - Etilen Glicol
 - Acetato de Vinilo
- Productos de uso final de la Industria Petroquímica derivados del Gas Natural vía cracking de Etano o Gas de Síntesis
 - Polietilenos (PEAD; LDPE; LLDPE)
 - Policloruro de Vinilo (PVC)
 - Urea
 - Nitrato de Amonio
 - Mezclas UAN (Urea-Nitrato de amonio)
 - Explosivos
 - Formaldehído (Formol)
 - Resinas Urea Formaldehído y Fenol Formaldehído
 - Adhesivos vinílicos
 - Adhesivos Epoxi
 - Polioxi propilen glicol
 - Poli-Isobutileno (PIB para lubricantes)
 - Metilato de Sodio (Catalizador para biodiesel)
 - Gas hidrógeno comercial producido por reformación de gas natural o recuperado de plantas de reformación de nafta o cracking de etano

Productos terminados y de consumo masivo

- Textiles
 - Alfombras
 - Tejidos
 - Lycra
 - Recubrimientos
 - Telas
 - Productos para tapicería
- Suministros seguros de alimentos
 - Empaques y envasado



- Fertilizantes y herbicidas
- Refrigerantes
- Botellas para bebidas
- Artículos del hogar
- **Transporte**
 - Anticongelantes
 - Plásticos moldeados
 - Aditivos para naftas
 - Sellos
 - Mangueras
 - Plásticos para el automotor
 - Paragolpes
 - Tableros de instrumentos
 - Caja para baterías
 - Neumáticos
- **Artículos para el hogar**
 - Pinturas
 - Resinas
 - Aislación
 - Cementos
 - Retardantes de llamas
 - Adhesivos
 - Caños y accesorios para electricidad, agua y gas
 - Colorantes
- **Recreación**
 - Calzado deportivo
 - Equipos para prácticas de deportes
 - Partes de rodados
 - Ropa deportiva
 - Equipamiento para camping
- **Comunicaciones**
 - Plásticos moldeados para carcasas de teléfonos y computadoras
 - Recubrimiento de fibra óptica y cables
 - Materiales para pantallas de cristal líquido
 - Lápices y lapiceras
 - Tintas y colorantes para impresión
- **Salud e higiene**
 - Pañales
 - Lentes plásticos
 - Cosméticos
 - Detergentes
 - Productos farmacéuticos
 - Insumos médicos y dentales
 - Desinfectantes

Gases industriales a partir de la separación de componentes del aire

- Ingresos Aire y Electricidad
- Productos
 - Oxígeno
 - Nitrógeno



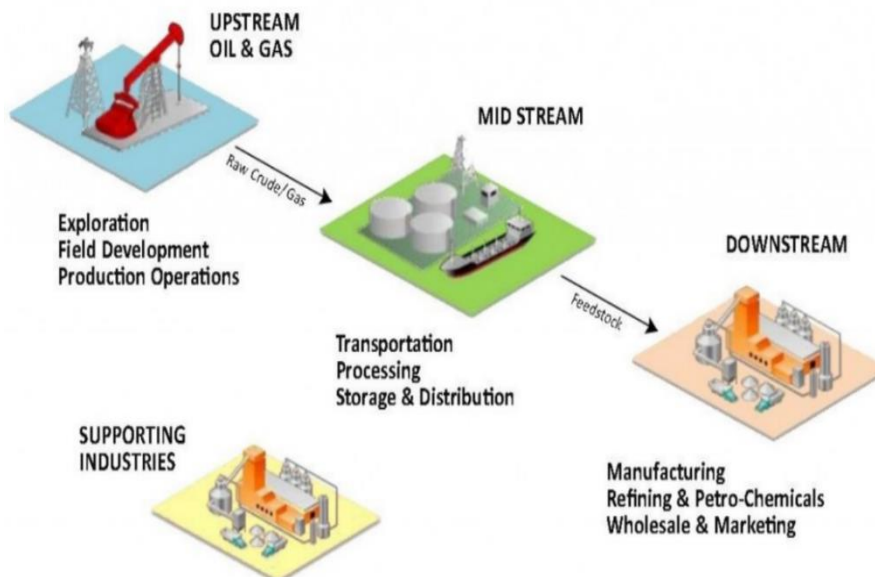
- Argón

Cadena de valor de los principales productos químicos no petroquímicos

- **Minerales**
 - Azufre
 - Ácido Sulfúrico
 - Sulfato de Amonio
 - **Roca Fosfórica**
 - Superfosfatos (Fertilizantes)
 - **Fosfatos Monoamónicos y Diamónicos (Fertilizantes)**
 - Ácido Fosfórico
 - Sal (Cloruro de Sodio)
 - Cloro
 - (Uso como desinfectantes anti algas y anti bacteriano en tratamiento de agua)
 - Para síntesis de Cloruro de Vinilo petroquímico
 - Ácido Clorhídrico
 - Tetracloruro de Carbono
 - Soda Cáustica
 - Papel, tejidos, detergentes
 - Soda Solvay (ClNa-NH3-CO2-H2O)
 - Uso finales jabones, vidrio, depuradores de aguas duras

Esta imagen da una idea de la cadena de valor de la industria de hidrocarburos, fuente principal de las materias primas que utiliza la Industria Petroquímica.

Gráfico 3. Cadena de valor de la industria de hidrocarburos



- Aguas arriba (Upstream) se incluye las etapas de exploración, desarrollo de campos y producción de crudo y gas natural.
- En el centro (Midstream) se encuentran las operaciones de transporte, procesamiento, almacenaje y distribución. Esto produce materias primas o cargas para la siguiente etapa.

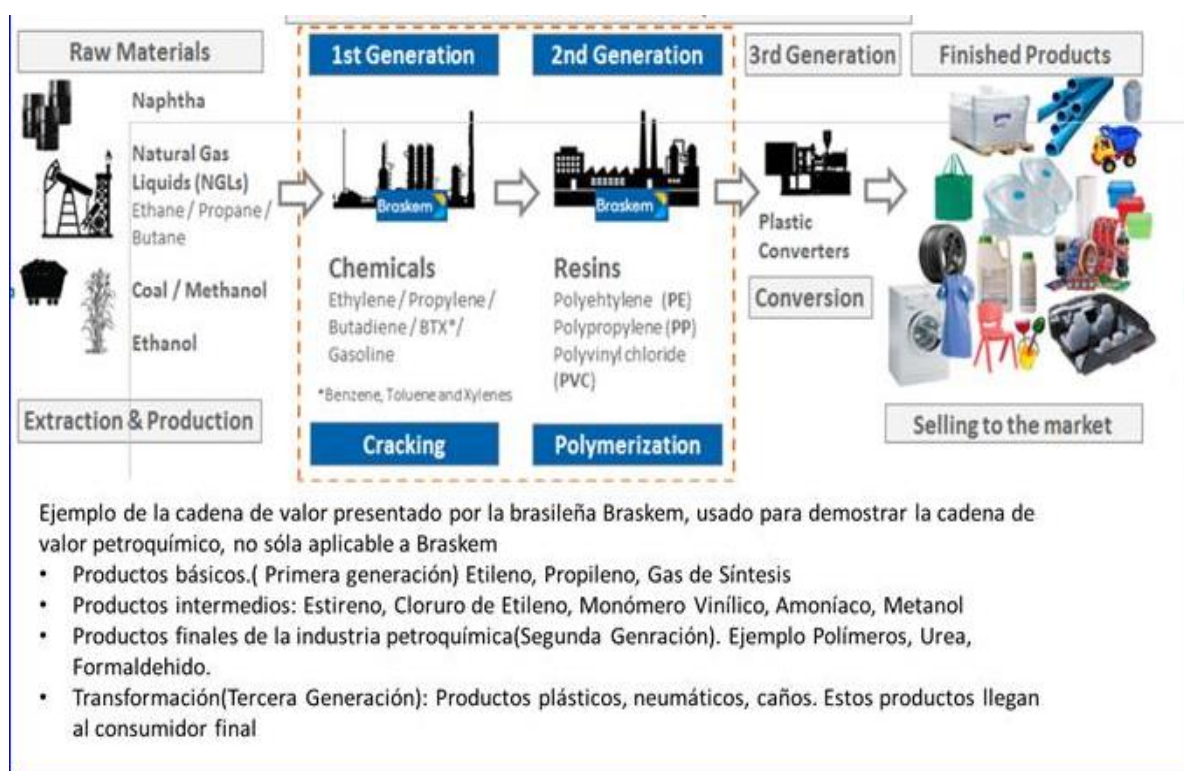


- Aguas abajo (Downstream) se encuentra el procesamiento, el refinado, la producción petroquímica. Y las ventas mayoristas y la comercialización.
- Existen múltiples industrias de apoyo, por ejemplo. Suministro de servicios, caños, equipos de perforación, mantenimiento, aditivos para el tratamiento de pozos, catalizadores, energía eléctrica, etc.

Es posible identificar dos cadenas de valor principales en la industria petroquímica y en la química, en el primer caso como su nombre lo indica, la principal cadena de valor de la industria petroquímica se inicia en la producción de petróleo y gas natural, por ser estas las materias primas claves de la industria. Ambas cadenas han sido analizadas en el Diagnóstico correspondiente a las mismas.

La figura siguiente muestra la cadena de valor de la principal industria química de Latinoamérica, se debe notar, sin embargo, que en muchos casos estas cadenas se entrelazan como veremos más adelante.

Gráfico 4. Cadena de valor de la industria petroquímica.



Fuente: Rina Quijada especialista de IHS Markit (junio de 2018).

Ya se ha visto que el origen de las materias primas petroquímicas provenientes de la producción de hidrocarburos, son el petróleo y gas natural. En muchas ocasiones entre la etapa de producción de hidrocarburos se introduce otra cadena de valor que es una etapa de transporte y almacenaje de materias primas. Como ejemplo se puede citar el etanoducto existente entre la planta de tratamiento de gas de TGS en General Cerri y el Polo Petroquímico de Bahía Blanca o el poliducto existente entre la planta de tratamiento de gas en Loma de la Lata en Neuquén donde Compañía MEGA separan los líquidos del gas natural. Dichos líquidos y envían por dicho poliducto hasta la planta de separación integrada al polo de Bahía Blanca donde se separan los diferentes componentes (Etano, Propano, Butanos y gasolinas). A veces esta cadena de transporte y almacenaje se extiende, como por ejemplo el envío de etano por



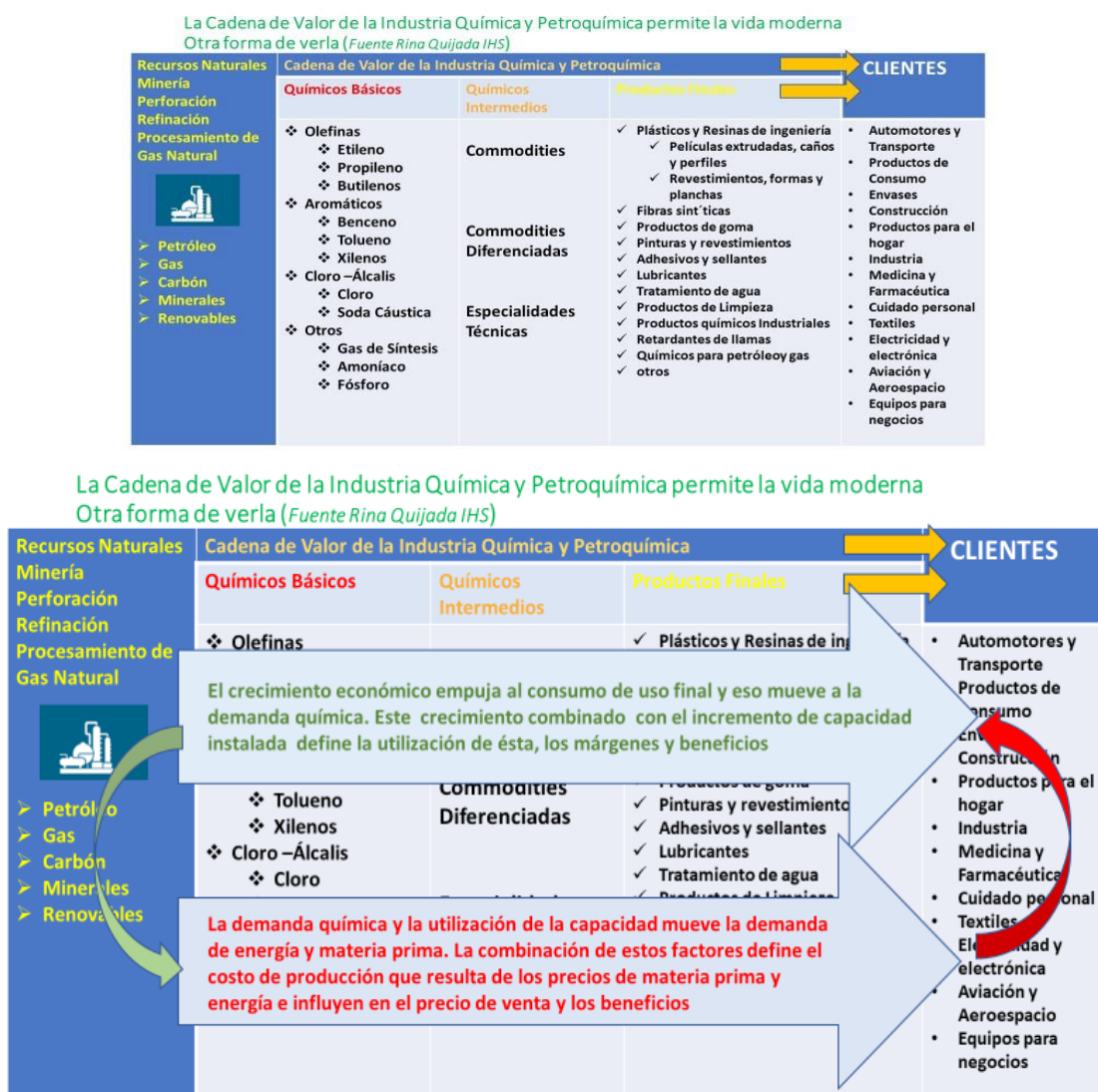
vía marítima en barcos refrigerados desde Estados Unidos hasta Noruega o gas natural licuado enviados por barcos especiales para ser usados como materia prima en China o Japón.

Por otra parte, se encuentran los polos petroquímicos integrados a refinerías donde el total de la cadena está contenida en el polo, aunque puede estar integrada por diferentes plantas y empresas como por ejemplo el de Camaçari al norte Brasil y el polo de Ensenada en Argentina.

1.2. Interrelaciones entre la cadena de valor de la industria química y la economía

Un reciente trabajo de Rina Quijada especialista de IHS Markit (junio de 2018) presenta una forma diferente de ver la cadena de valor y su relación entre los recursos naturales y los clientes finales. Esta visión representa el estado de los negocios a mediados de 2018. El experto ing. Carlos Octtinger, indica como probable que el optimismo que insinúa ese trabajo haya disminuido por la no solución del conflicto comercial entre China y Estados Unidos, la disminución del crecimiento en China, el agravamiento del conflicto entre Estados Unidos e Iran y las dificultades que presenta el BREXIT.

Gráfico 5. Cadena de valor de la industria química y petroquímica.



Fuente: Rina Quijada especialista de IHS Markit (junio de 2018).



El gráfico anterior, muestra cómo se interrelacionan el crecimiento económico, que mueve la demanda de los productos finales, y como se vinculan estos con la demanda de energía. Al mismo tiempo se observa las fuentes de energía primaria (Petróleo, gas natural y carbón) que alimentan a los grandes proveedores de la industria petroquímica como son las refinerías de petróleo y las plantas de tratamiento de gas natural. También se muestran a los clientes de la petroquímica y el modo como el crecimiento de éstos impulsa el aumento de la demanda petroquímica y ésta impulsa a los productores de gas, petróleo y carbón. Las proyecciones de crecimiento a largo plazo de la industria petroquímica a nivel global son cercanas al 5%, en tanto la demanda de petróleo para combustibles para transporte decrece por el desarrollo de vehículos eléctricos o mixtos, esto ha provocado que el sector petrolero vuelva a mirar a la petroquímica como driver de su desarrollo futuro.

El siguiente cuadro muestra el panorama global de la industria como se veía a mediados de 2018. El experto Ing. Carlos Octtinger, indica que si esta mirada se hubiera realizado a principios de 2019, el panorama probablemente no sería tan optimista.

Gráfico 6. Situación Global de la Cadena de valor de la industria química.



Fuente: Rina Quijada especialista de IHS Markit (junio de 2018).

1.3. Evolución del nivel de actividad

La industria química y la petroquímica en nuestro país, analizando su desarrollo a muy largo plazo se observa que ha mostrado varios períodos de crecimiento con otros de estancamiento; pero a pesar de los numerosos tropiezos y retrocesos que ha sufrido la economía del país, se observa que **la industria ha crecido a tasas importantes**.

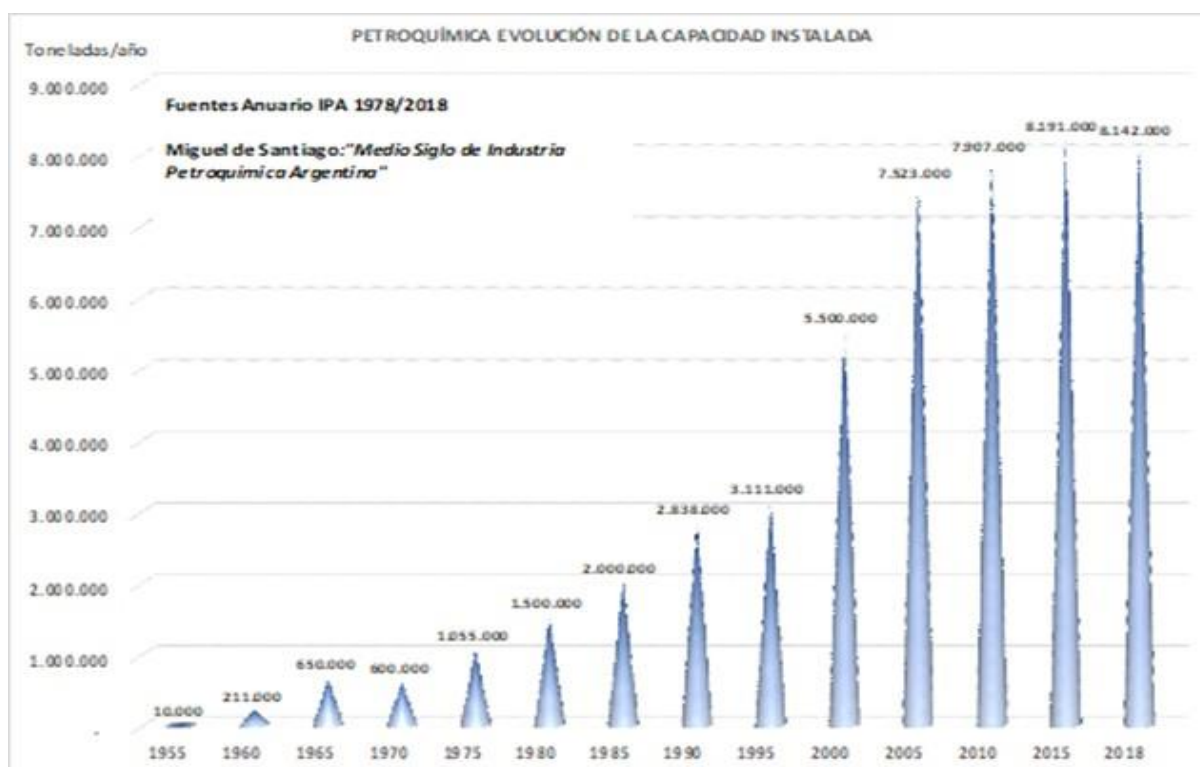
Para la comparación se han tomado tres años como base. 1953, 1970 porque se pudo hallar información confiable y 1981, porque además de disponerse de información es el año previo a la puesta en marcha del Polo Petroquímico de Bahía Blanca. La comparación se hace con datos de 2017 obtenidos del Anuario Estadístico 2018 del Instituto Petroquímico Argentino.



- Si se parte desde 1953 hasta 2017 el crecimiento acumulativo anual fue para la producción fue del 11.4% y el consumo aparente 8.6%. En la jerga periodística esto se podría llamar crecer a tasas chinas.
- Para el mismo año base resulta interesante qué ocurrió con la industria entre 1953 y 1970. La producción creció a una tasa del 29%, este crecimiento coincidió con las políticas de promoción de la industria desgravaciones y precios competitivos de materias primas, con el objetivo de sustituir importaciones. Se instalaron plantas de escala menor a la que prevalecía en el mundo desarrollado. Resulta, hoy, sorprendente este ritmo de crecimiento que acompañó al vigoroso desarrollo de la industria transformadora que elabora los productos de uso final. El consumo aparente creció al 18% acumulativo anual en ese período.
- Entre 1970 y 2017 el ritmo de crecimiento se reduce, pero aún es significativo la producción crece al 11.4% anual y el consumo aparente lo hace al 8.6%.
- Finalmente se analiza el período 1981-2017, se observa que, aunque es importante comparado a escala mundial, el mercado de usos finales muestra signos de madurez la demanda representada por el consumo aparente crece al 5.8% anual y la producción empujada por el Polo de Bahía Blanca crece al 5% anual. Estas tasas son similares a las que prevén las consultoras internacionales para el crecimiento futuro de la demanda petroquímica global de la industria

El siguiente gráfico muestra la evolución de la capacidad instalada de la industria petroquímica argentina desde 1953 a 2018. Se observa el impacto del cierre de varias plantas durante 2017/18, compensado parcialmente por la ampliación de otras, siendo la más notable la de **Profertil, que, en base a una mejor eficiencia energética, logró aumentar la capacidad de producción en 215.000 T/año con el mismo suministro de gas natural y menor consumo de electricidad.**

Gráfico 7. Evolución de la Capacidad Instalada de la Industria Petroquímica.



Fuente: Elaboración propia.



Gráfico 8. Evolución del Consumo Aparente Polietileno y el Polipropileno.



Fuente: Elaboración propia con datos del IPA.

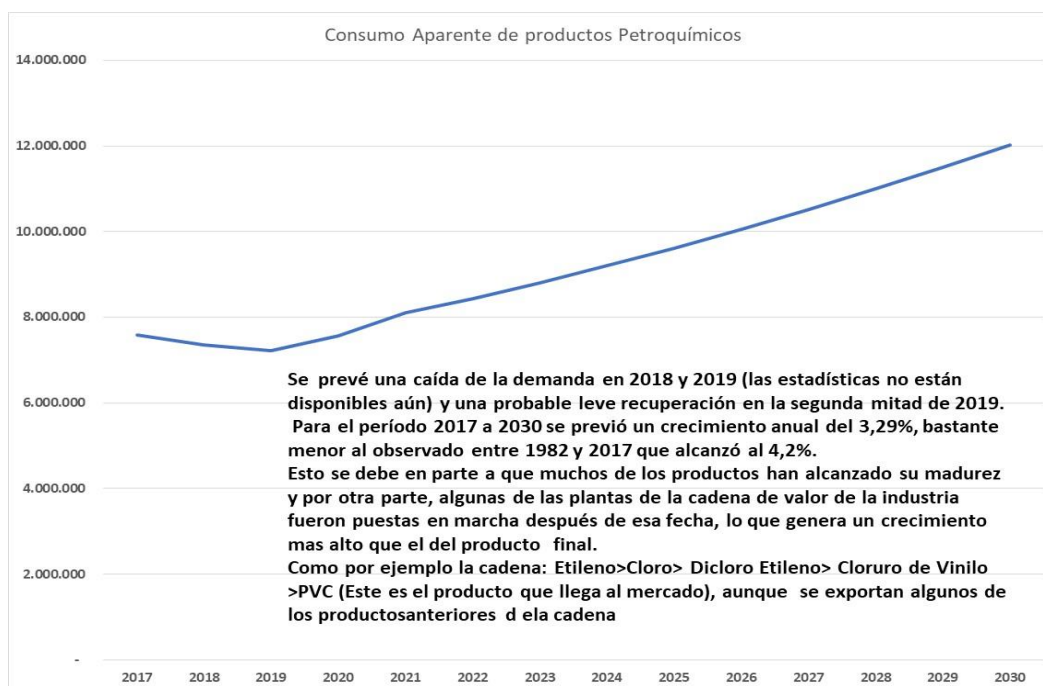
El Consumo Aparente que mide el balance entre producción y comercio exterior fue en 1970 720.000 toneladas y 7.600.000 toneladas en 2017, crecimiento acumulativo anual del 6%. Por su parte el sector de productos no petroquímicos incluidos en el Anuario del IPA pasó de 450.000 toneladas a 2.000.000 toneladas un crecimiento acumulado anual del 3 %, liderado por los Fosfatos Amónicos para fertilizantes.

En cuanto a la situación reciente, de acuerdo a Información producida por en el Instituto Petroquímico Argentino (IPA) en el Anuario "Información Estadística de la Industria Petroquímica Argentina 38° edición con datos de 2017 la producción petroquímica alcanzó 6.388600 toneladas a lo que debe sumarse 1.094.000 toneladas de los productos químicos no petroquímicos que monitorea el Instituto. El valor de la producción se puede estimar en poco más de 8.000 millones de dólares. Los precios internos son desconocidos, por lo que se los estimó en base a los precios que surgen del comercio exterior más un margen que incluye aranceles, fletes desde Brasil y un factor de ventaja de productor local que oscila entre 4 y 6%.

Por su parte, las **proyecciones a futuro de consumo aparente de productos petroquímicos**, teniendo en cuenta las caídas esperadas en 2018 y 2019 se reflejan en el gráfico siguiente.



Gráfico 9. Proyecciones del consumo aparente petroquímico



1.4. Grado de concentración, principales empresas según eslabón y capacidad instalada

En el análisis de la concentración de la producción petroquímica en el país, es necesario tener en cuenta, que existe un gran volumen de importación de productos petroquímicos y que la competencia con Brasil dentro del Mercosur hace que se exporten e importen productos petroquímicos similares, por lo que el grado de concentración de la industria se puede hacer desde dos puntos de vista, uno que **compara la producción petroquímica de los mayores productores con la producción total argentina** y otro que **tenga en cuenta la producción más el total de la importación de comparándola con el consumo aparente** de productos petroquímicos que informe el anuario del IPA.

Analizando específicamente la industria petroquímica argentina surge para la concentración de la producción que: **El 85 % de la producción de petroquímicos se concentra en 7 empresas (Dow, Profertil, UNIPAR/Solvay, YPF, Petrocuyo y Pampa Energía). La concentración en las primeras 4 empresas llega al 72% (Profertil, Dow, YPF, Pampa Energía). Se debe tener en cuenta que el 50% de Profertil pertenece a YPF acentuando la concentración de la producción en pocas empresas.**

Si se tiene en cuenta la importación, que es libre de aranceles para el Mercosur la concentración de la producción de las 7 primeras empresas llega al 69%. Pero se debe consignar que una parte de la importación es realizada por las mismas empresas líderes (grados o productos no elaborados en el país) y además en poliolefinas hay un flujo cruzado de importaciones y exportaciones.

En cuanto a la capacidad instalada a 2017 las 7 empresas antes mencionadas poseen el 94%.



En la actualidad la industria petroquímica argentina se encuentra en una meseta en cuanto a capacidad instalada, se han puesto en marcha dos plantas de pequeña capacidad, una de Nitrato de Amonio (79.000 toneladas.), Ácido Nítrico y Amoniaco (59.000 toneladas.) en Jujuy a cargo de Austin Powders y otra de Ácido Nítrico (10.730 toneladas) en Villa Mercedes (S.L) a cargo de Frío Industrias. Pero al mismo tiempo se han cerrado las plantas de Alcohol Isopropílico y Acetona de Carboclor en Zárate (B.A), la planta de Etileno de Pampa Energía en San Lorenzo (S.F), varias plantas del grupo Atanor en Baradero (B.A) y la más significativa por su tamaño las plantas de Amoniaco Urea del grupo Bunge que tenía una capacidad de 180.000 T/año de Urea.

El cuadro adjunto muestra la cantidad de proyectos de etileno en Estados Unidos, de gran escala, ya puestos en marcha, en ejecución o en proyecto.

Tabla 1. Proyectos de etileno de gran escala.

Full project status updates are available in our construction cost quarterly updates.

Company	Capacity (Tons)	Location	Announced Start Up
<i>Under Construction</i>			
Sasol	1,500,000	Louisiana	2018-2019
ExxonMobil	1,500,000	Texas	2017
Chevron Phillips	1,500,000	Texas	2017
Dow Chemical	1,500,000	Texas	2017
Formosa	1,200,000	Texas	2017
Oxychem/Mexichem	544,000	Texas	Q1 2017
Axiall/Lotte	1,000,000	Louisiana	2019

Company	Capacity (Tons)	Location	Announced Start Up
<i>Planned</i>			
Formosa	1,200,000	Louisiana	N/A
Total	1,000,000	Texas	N/A
Braskem	1,100,000	West Virginia	N/A
Shin-Etsu	500,000	Louisiana	N/A
Williams	1,500,000	Louisiana	N/A
PTT/Marubeni	1,000,000	Ohio	2022
Appalachian Resins	275,000	Monroe County, Ohio	On Hold
Badlands/Vinmar	1,500,000		Planning
Aither Chemicals	272,000	Charleston, West Virginia	Planning
Shell	1,500,000	Pennsylvania	2022
Exxonmobil/SABIC	1,800,000	Gulf Coast	2022

Se trata de 8.800 millones de toneladas en operación o en etapa de completamiento y más de 12.000 millones adicionales de toneladas en proyecto.

Cabe hacer algunas aclaraciones, la información sobre capacidad instalada y producción, se realiza sumando todos los productos de la cadena existentes en una planta. Por ejemplo: Si en la planta se produce Dicloruro de Etileno, Monómero Vinílico y Policloruro de Vinilo o en otra se produce Etileno y Polietileno, la metodología del IPA suma los tres productos.

En cuanto a los Polos Petroquímicos, se trata de un conjunto integrado de plantas que van de los productos básicos, a los intermedios y finales. Se aprovecha la economía de escala, se optimiza el uso compartido de servicios, como vapor, electricidad, tratamiento de agua y efluentes (a veces los efluentes de una planta mejoran los de otra planta del polo), mantenimiento especializado centralizado. Otra gran ventaja es la logística ya que se pueden intercambiar corrientes y o productos por cañerías.



Gráfico 10. Polo Petroquímico Bahía Blanca.



Al definir la producción de los diferentes polos, se sigue la metodología de medir la producción y la capacidad instalada del Instituto Petroquímico Argentino, que contabiliza la producción de cada producto que integra la cadena productiva, a pesar de que los mismos pertenezcan al mismo Polo. Por ejemplo, en la cadena del PVC, se contabiliza el Dicloruro de Etileno, el Monómero Vinílico y el Policloruro de Vinilo (PVC), lo mismo ocurre con el Etileno, Polietileno o con la cadena del Estireno, dónde se suma la producción de Etileno, el Etilbenceno, el Estireno y el Poliestireno.

El principal Polo Petroquímico de Argentina es el Polo de Bahía Blanca, comuna capacidad instalada de 4.600.000 toneladas, se trata de un polo totalmente integrado, que incluye las dos mayores plantas de Producción de líquidos del gas natural, proveedoras de etano y gas natural seco para el polo (Estas plantas no se contabilizan en la capacidad instalada). Existen varias razones que justifican esta localización del polo. Disponibilidad de Materia Prima, Etano y gas natural además de salinas cercanas que aseguran la provisión de cloruro de sodio para la planta de cloro soda. Agua suficiente para operar., nodo de abastecimiento eléctrico, un puerto de aguas profundas (El único del país), importante infraestructura vial y ferroviaria, recursos humanos altamente calificados. DE todas estas razones la más importante es que por Bahía Blanca pasan tres grandes gasoductos que transportan el gas natural de las cuencas del Golfo de San Jorge, Austral y Neuquina; lo que asegura la disponibilidad de etano y gas natural como fuente de materia prima y energía. Las dos mayores plantas de separación de líquidos del gas natural se encuentra MEGA integrada al polo y TGS en las inmediaciones.

El segundo Polo es el de Ensenada/La Plata, en este caso es vital la presencia de la mayor refinería del país, tal es la Destilería La Plata con una capacidad de procesamiento de 189.000 Barriles por día de petróleo, fuente de nafta petroquímica para la planta de Aromáticos y



Cortes de LPG ricos en Butilenos y Propileno. Este polo está altamente integrado ya que las plantas petroquímicas intercambian corrientes de hidrocarburos con la refinería y reciben servicios de vapor de la refinería. Inclusive Existe una planta privada de Cogeneración que provee de vapor a la refinería y a las plantas petroquímicas y electricidad la red de la que se alimentan las plantas. La Capacidad Instalada de este polo es de 1.084.000 toneladas.

Alguno de los otros polos áreas petroquímicas se encuentran en decadencia o poseen plantas muy antiguas, aunque algunas se han actualizado.

En las áreas de Río III y Zarate/Campana, se ha visto, en los últimos años cerrar muchas plantas que no eran competitivas por escala, costos de producción y en algunos casos costos laborales prohibitivos para esos tamaños de plantas. Desaparecen así varios productos de producción nacional, para ser reemplazados por importados.

Una mención aparte es el área de San Lorenzo y Puerto San Martín ya que ambos constituyeron los primeros polos petroquímicos integrados, se pusieron en marcha en 1964. En el caso del polo de San Lorenzo, la mayoría de las plantas han dejado de operar, mientras que el Polo de Puerto San Martín cerró hace años su planta de Butadieno, pero ha actualizado, en la década pasada, sus plantas de Etilbenceno, Estireno y Cauchos SBR y NBR. Como su fuente de materia prima era los líquidos de gas natural proveniente de la cuenca del Noroeste y de la Refinería de San Lorenzo (Hoy de YPF) sufre de escasez de materia prima por lo que es poco probable que pueda crecer en el futuro. La Capacidad instalada en esta área es cercana a 575.000 toneladas.

En el país existen áreas con algún desarrollo petroquímico. En Lujan de Cuyo (Mendoza) adyacente a la Refinería de YPF existe una planta de Polipropileno de Petrocuyo y en la misma refinería está instalada una planta de MTBE por vía petroquímica, mejorador de octanos de la nafta. Asimismo, en Plaza Huincul (Neuquén) se encuentra una planta de Metanol de YPF y la primera etapa de recuperación de líquidos del gas natural de Compañía MEGA, allí se separa una sopa de Etano, Propano, Butanos y Gasolinas que se envía por poliducto a Bahía Blanca dónde se separa el etano, materia prima para la producción de etileno en el polo mencionado más arriba.

Gráfico 11. Áreas de Desarrollo Petroquímico.





1.5. Evolución del empleo.

La información disponible producida por la CAIQyP incluye otros sectores, además del específicamente químico y Petroquímicos, a esa información se le ha incorporado la posible evolución futura del mismo, teniendo en cuenta el cierre de plantas y los proyectos que podrían concretarse a mediados de la próxima década.

Tabla 2. Evolución del Empleo en el sector Petroquímico.

ESTIMACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DEL EMPLEO SECTOR RODUCTOS DE USO INTERMEDIO				
	2003	2010	2018 (Est)(*)	2025
Mno de Obra	Cantidad de Personas			
Básicos	14.920	19.272	17.772	18.972
Fert y Agrpq.	4.167	5.320	5.320	5.570
Espec.Químicas	9.134	11.744	8.808	11.744
Total	28.221	36.336	31.900	36.286
Empleo Indirecto (**)	119.000	154.000	134.000	152.000
(*) Se produjo una importante reducción de planteles y cierre de plantas				
Información basada en Estudio de CAQyP Julio de 2011 con datos hasta 2010				
La Industria Química Argentina y su potencial a 2020				
(**) Multiplicador US Department of Labor= 4,2				

1.6. Posición de la industria petroquímica argentina en el Mercosur

La producción brasilera, es una de las principales del mundo y lidera con amplitud el mercado del Mercosur y Latinoamericano, siendo por lo tanto la mayor competencia con la petroquímica argentina, la última información disponible muestra que la capacidad instalada en Brasil medida con el mismo criterio que utiliza el IPA supera los 25 millones de toneladas, por lo que al ser la importación dentro del Mercosur libre de aranceles, se debe tener en cuenta al analizar la concentración y la competitividad de la industria petroquímica argentina, la capacidad de producción de Brasil. En dicho país, Braskem posee una capacidad instalada superior a 15 millones de toneladas, lo que representa el 60% del total. Si a Braskem se le suma las 4 empresas que le siguen en capacidad: Petrobras, Vale, UNIPAR/Solvay e INNOVA que suman cerca de 7 millones de toneladas o sea el 86.5% de la capacidad instalada. Además, el paquete de productos y variedad de grados que ofrece la petroquímica brasilera es mucho más amplio que lo que se produce en nuestro país.

La competencia a nivel regional se da con Brasil que es fuente de las mayores importaciones de productos petroquímicos y también destino de parte de las exportaciones argentinas, junto con los países de la cuenca del Pacífico sudamericano. Por carecer de una industria petroquímica significativa, Chile, Perú y Ecuador son destinos habituales de las exportaciones compitiendo con las exportaciones de Estados Unidos y de algunos países del Este Asiático cuando deben descargar excedentes que no colocan en la propia región.

Respecto a la competencia con Brasil, ya se vio que tanto en diversidad de productos como en capacidad instalada superan ampliamente a la petroquímica argentina, no obstante, existe una ventaja comparativa en el Polo de Bahía Blanca respecto a los principales polos brasileros. En Bahía Blanca la materia prima es Etano, proveniente del gas natural, mientras que los mayores polos brasileros utilizan mayormente nafta petroquímica en parte importada por déficit del suministro local (Inclusive en parte importada desde Argentina). Esta materia prima tiene su



precio fuertemente vinculado al del petróleo, lo que hace que el costo de producción sea más elevado a pesar de que genera más subproductos valiosos que el Etano.

Se puede tomar al Etileno, Polietilenos y Polipropilenos para hacer una comparación entre Argentina y Brasil. Además, se incluyen la Urea y el Metanol como productos petroquímicos significativos.

- ETILENO (Toneladas)
 - BRASIL
 - ✓ Polo de Camaçari (BA) (Materia prima Nafta >85%) 1.280.000
 - ✓ Polo de Triunfo (RGS) (Materia prima nafta 100%) 1.252.000
 - ✓ Polo de Santo André (SP) (Nafta y Gases de Refinería) 700.000
 - ✓ Polo de Río de Janeiro (RJ) (Etano) 520.000
 - ✓ TOTAL ETILENO 3.732.000
 - ARGENTINA
 - ✓ Polo de Bahía Blanca (BA) (Materia prima Etano) 752.000
 - ✓ Polo de Pto. San Martín (Gasolinas y Propano) 31.000
 - ✓ TOTAL ETILENO 783.000
 - POLIETILENOS (Toneladas)
 - ✓ BRASIL 1.025.000
 - ✓ ARGENTINA 619.000
 - POLIPROPILENO
 - ✓ BRASIL 1.975.000
 - ✓ ARGENTINA 320.000
 - UREA
 - ✓ BRASIL 1.782.000
 - ✓ ARGENTINA 1.315.000
 - METANOL
 - ✓ BRASIL 89.5000
 - ✓ ARGENTINA 451.000

Como información adicional se incluyen las capacidades de Etileno del Resto de Latinoamérica. Colombia 89.000 toneladas en una antigua planta en Barrancabermeja. Méjico cerca de 2.500.000 toneladas, pero al ponerse en marcha la planta de 1 millón de toneladas de Siglo XXI (Braskem e IDESA) varias plantas de PEMEX quedaron sin materia prima para asegurar el etano a SIGLO XXI, por lo que se encuentran paradas o a baja capacidad. Venezuela es un incógnito, ya que poseía una importante capacidad instalada, pero con la crisis de ese país es difícil conocer cuántas plantas están operativas.

BRASKEM de Brasil se ha transformado en uno de los líderes mundiales en producción petroquímica; si se suma las capacidades de Brasil más Méjico y Estados Unidos la capacidad se acerca a las 12 millones de toneladas.

Como conclusión la industria petroquímica argentina es competitiva a nivel regional, pero desde 2007 hasta 2016 se vio afectada por importantes cortes de materia prima y electricidad lo que obligo a restringir la producción e inclusive a parar algunas plantas. Este inconveniente ha tendido a solucionarse en los últimos dos años. Esto frenó las perspectivas de crecimiento, sin embargo, es muy posible que para la próxima década y gracias al desarrollo de las cuantiosas reservas no convencionales de gas y petróleo de Vaca Muerta (una de las áreas más ricas en el mundo), se viabilicen nuevos proyectos por parte de los mayores jugadores de la industria. En efecto, DOW; YPF y Profertil consideran posible realizar importantes inversiones para aumentar su capacidad de producción. Algunas de ellas han



incluido estas inversiones en su planificación de mediano plazo. No obstante, la concreción de las mismas depende de la situación económica del país y de la definición política de Argentina a fines de 2019. **La mejora de la eficiencia energética de esta industria puede ser un importante incentivo para el crecimiento por ahorro de costos y mejor utilización de los recursos necesarios para disponer de materia prima.**

Amenazas externas al Mercosur: Las poliolefinas derivados del Etileno y el Propileno encuentran una seria amenaza competitiva desde Estados Unidos, dónde se están instalando muchas plantas beneficiadas por el bajo precio del Gas Natural y sus derivados, a partir del desarrollo de sus grandes recursos de Shale Gas y Petróleo lo que permitió el desarrollo de un ambicioso plan de inversiones en Etileno, Propileno, Amoníaco, Metanol y sus respectivos derivados. Los conflictos comerciales entre Estados Unidos y China han hecho que esas capacidades apunten a Latinoamérica como su mercado más atractivo. Entre plantas en construcción y proyectos se sumarían cerca de 20.000 millones de toneladas de Etileno y por ende un gran volumen de poliolefinas.

2. Aspectos tecnológicos y procesos productivos

Para algunos productos la oferta tecnológica es amplia y variada, por lo que el precio que se paga por su uso es razonable, ejemplos: Etileno, Polietileno, Polipropileno, etc.; pero cuando se produce un salto tecnológico como por ejemplo cuando se desarrolló el polietileno lineal o los catalizadores de metaloceno que permitieron cambios notables en las inversiones y los costos de producción y producir especialidades, el costo de las licencias se encarece hasta que se desarrollan tecnologías alternativas. Pero a veces las tecnologías para producir especialidades, que por sus características pueden ser no transables y las empresas se la reservan para su uso exclusivo.

De acuerdo a la US EPA se utilizan entre 30 y 35 reacciones químicas diferentes para producir 175 productos químicos de alto volumen, como es imposible describir todos los procesos se elige el Etileno que es la base principal (Building Block) de la petroquímica en el mundo, por esa razón se elige este proceso para dar una idea de la complejidad de esta industria.

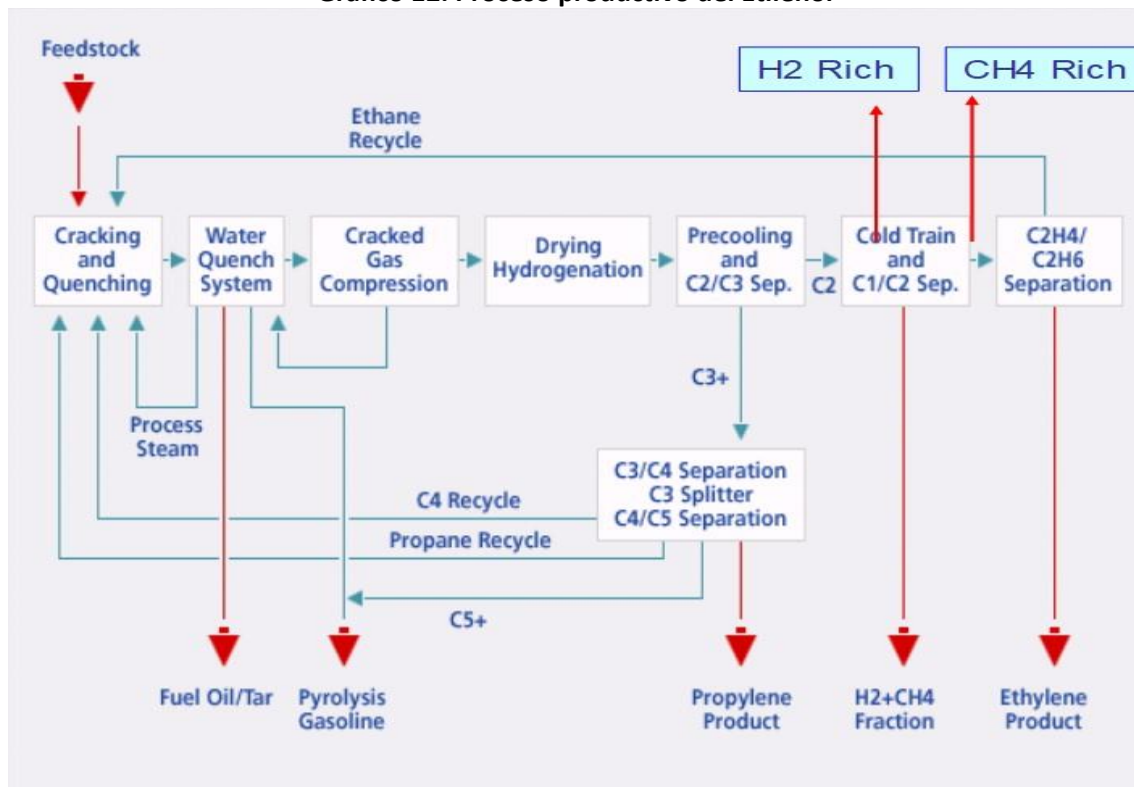
2.1. Producción de etileno

El proceso se inicia con el ingreso del etano y vapor que actúa como moderador de la reacción al horno de Cracking. La Reacción es $C_2H_6 + CALOR \leftrightarrow C_2H_4 + H_2$ La conversión por paso es del orden de 60% por lo que una parte importante del etano se retorna al horno. El gas a la salida del mismo tiene diferentes hidrocarburos (Hidrógeno a Fuel Oil) y se lo debe separar a Etileno y los subproductos en la planta de separación. El gas craqueado sale a muy alta temperatura lo que permite una importante recuperación de calor, generando vapor de muy alta presión. Asimismo, los humos del horno generan vapor en una caldera de recuperación de calor. Finalmente, el gas se enfría en la torre de Quench (Apagado), lavado con agua. El agua caliente que sale de esta torre se utiliza en hervidores y precalentadores. En el agua quedan gasolina de pirólisis y el fuel oil que deben extraerse.

El gas se comprime y en el camino se remueven, si hubiera CO_2 y SH_2 , además algo de gasolina condensa entre las etapas. El gas se seca con tamices moleculares y se hidrogena el Acetileno formado otros hidrocarburos insaturados que también son parcialmente hidrogenados a etano y etileno



Gráfico 12. Proceso productivo del Etilenol



Fuente: Lummus.

Luego en la etapa de pre enfriado el gas se enfría progresivamente, lo que permite separar el Propileno y superiores. En el Tren Frío, la condensación parcial del gas craqueado se logra evaporando Propileno y con la evaporación del Etano que recicla a los hornos.

La corriente de Hidrógeno y Metano que sale de la sección fría provee refrigeración adicional. En la desmetanizadora, se separan Metano y otros gases livianos de Etano y Etileno, por lo que se obtiene más Metano que se mezcla con la corriente de la sección anterior. Este gas suministra gran parte del combustible que requiere el horno de cracking.

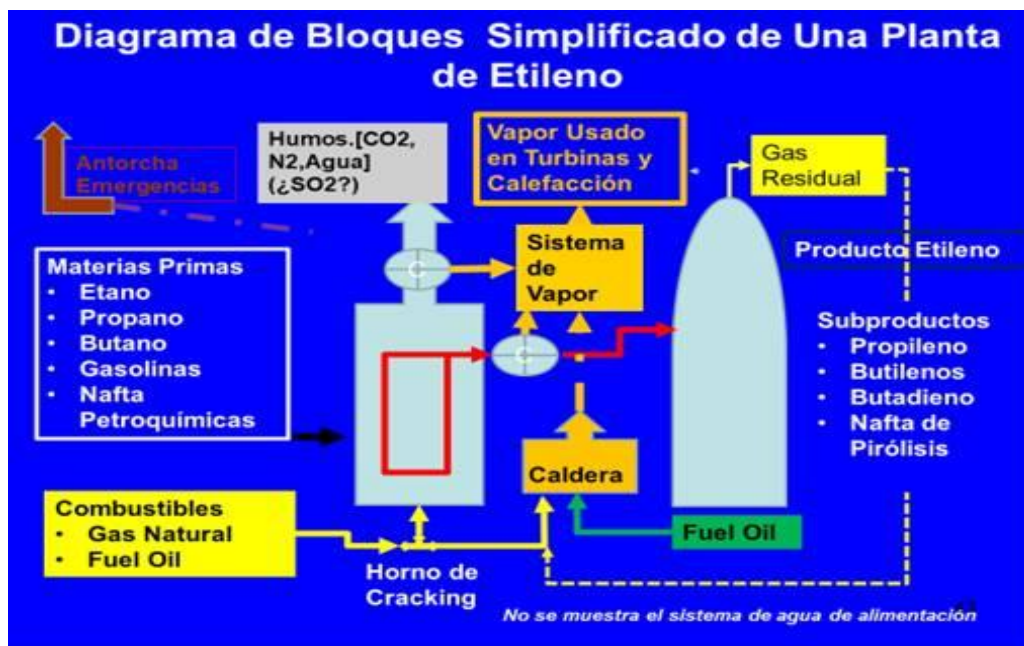
La etapa final del procesamiento implica separar al Etileno del Etano no convertido (+/-40%), este Etano se recicla a los hornos previo intercambiar calor en la sección de pre enfriado del gas craqueado.

Cuando se craquea Etano no es común recuperar propileno, por lo que se lo quema o alimenta a cracking si falta materia prima. Cuando se craquea propano se incluye una etapa de separación de Propileno.

El Gráfico siguiente ilustra el caso de etileno a partir de etano, que es la materia prima de las dos plantas de etileno del Polo de Bahía Blanca. Como ejemplo se muestra la planta de Etileno base Etano de 425000 Toneladas (53T/h para 8.000 horas de marcha).



Gráfico 13. Proceso productivo del Etileno.



INGRESOS:

- Etano: 65.5 T/h No todo el etano se convierte al primer paso, aproximadamente el 40% se recicla al horno de Cracking.
- Agua de proceso y Reposición de agua de enfriamiento: 565 m³/h.
- Electricidad: 1.9 MW/h.
- Gas natural (m³ de 9300Kcal: 18600 m³/h.
- Gas inerte 1272 m³/h.
- Vapor: esta planta generalmente está balanceada en vapor o exporta ya que tiene varios sistemas de recuperación de Calor tanto de los humos de salida del horno de cracking que alimentan una caldera como de la salida del gas craqueado que pasa por varias etapas de intercambio de calor. También genera agua caliente que se utiliza para calefaccionar alguna columna de destilación. Una parte importante del vapor se consume al mezclarse con el gas de proceso para favorecer el proceso de craqueado.
- Catalizadores y productos químicos.

EGRESOS:

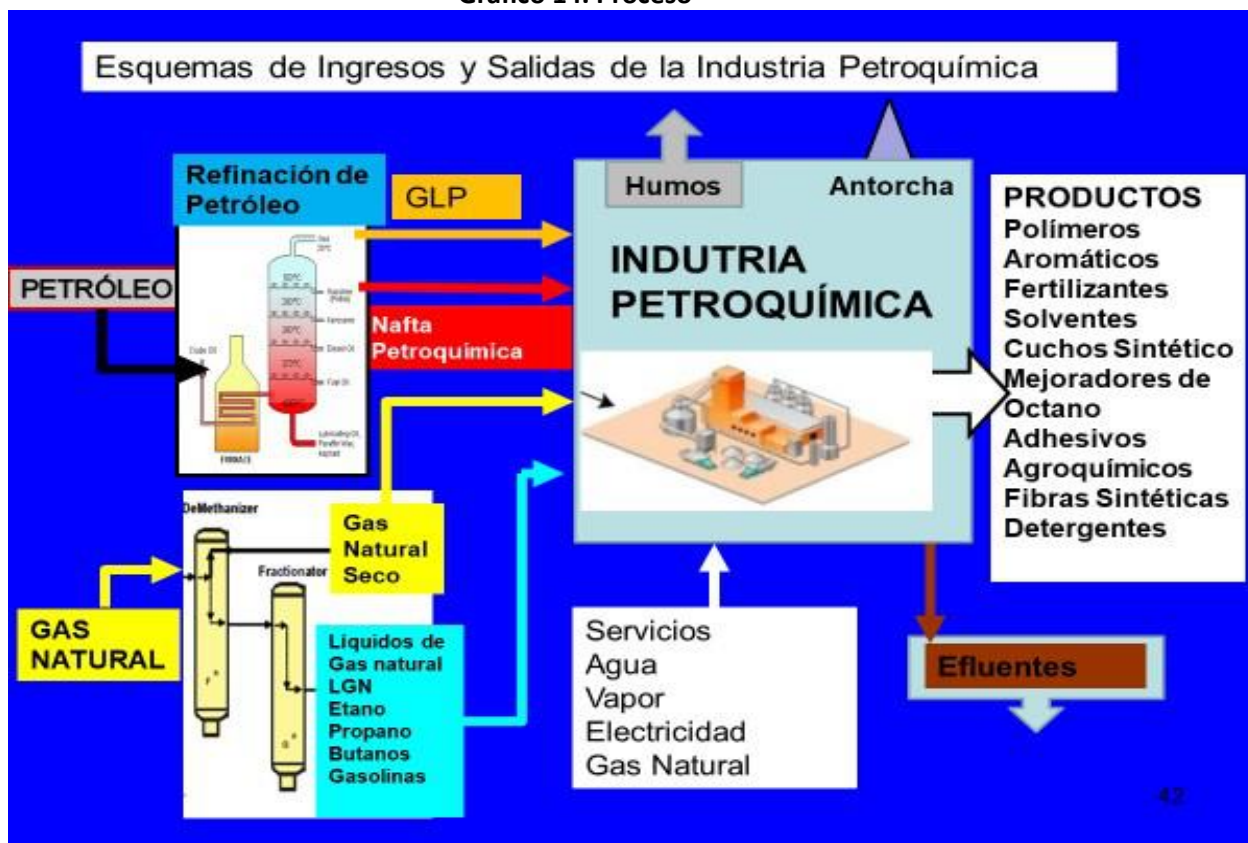
- ← Etileno 53 T/h
- ← Gas rico en Metano m³ de 9300 Kcal: 19743 m³/h.
- ← Corriente rica en Hidrógeno 1.66 T/h No necesariamente las plantas recuperan Hidrógeno, algunas lo mezclan con el gas rico en Metano y lo queman en los hornos de cracking o en caldera.
- ← Fracción de Propileno/Propano: 3T/h. La cantidad de propileno es muy pequeña, por lo que no se justifica separarlo, se vende la mezcla o a veces se lo incorpora al etano de reciclo y se usa como materia prima.
- ← Fuel oil y residuos: 0.05 T/h Se quema en caldera.
- ← Humos de hornos de cracking Por usar como combustibles gas natural o gases de residuales de proceso, la corriente es muy limpia por lo que los humos están compuestos por CO₂, H₂O y Nitrógeno y Oxígeno (NO usado en la combustión).
- ← Emisiones fugitivas y gases quemados en antorcha. Las plantas utilizan las antorchas para descargas de emergencia, tienen un piloto permanentemente encendido para que las eventuales descargas se enciendan, además se le inyecta vapor para lograr



una combustión eficiente. El gas descargado antorcha en las plantas modernas se mide se contabiliza y se informa. Las emisiones fugitivas se estiman en base a cantidad debridadas existentes.

NOTA: En las plantas que craquean nafta petroquímica la matriz de ingresos salidas es mucho más compleja, porqué hay muchos subproductos, pero también las plantas modernas tienen balance positivo en gas combustible. Esta materia prima no se utiliza en la actualidad en Argentina.

Gráfico 14. Proceso



Este diagrama generaliza el esquema anterior, en él se muestran las dos materias primas principales que son los derivados del gas natural y los del petróleo,, al mismo tiempo se muestran los principales productos de la industria petroquímica y se agrega el tratamiento de efluentes, que adquiere cada vez más importancia en la industria y que requiere procesos especiales para cada tipo de planta, en las plantas etileno base nafta, la etapa de enfriamiento con agua, posteriores a las etapas de recuperación de calor y enfriamiento con aceite. Se generan residuos difíciles de separar, aunque las plantas modernas poseen sistemas complejos y adecuados para tratar dichos efluentes

3. Consumos Energéticos y Benchmarking

3.1. Consumos



A partir de 2008 el Instituto Petroquímico Argentino lleva una estimación del consumo de energía eléctrica y gas natural (materia prima y energía). La tabla siguiente muestra esta evolución.

Tabla 3. Evolución de la Industria Petroquímica en producción, consumos de gas y electricidad

Año	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Producción Petroquímica Mil toneladas/año	5.908	6.137	5.903	6.192	6.198	6.082	5.969	5.804	6.225	6.389
Consumo de electricidad GWh/año	2.279	2.397	2.280	2.392	2.396	2.350	2.306	2.242	2.404	2.349
Consumo de Gas natural MMm3/año 9300Kcal	1.368	1.478	1.396	1.409	1.435	1.519	1.646	1.667	1.883	2.176
Demanda equivalente de Energía TOE/T (1) (2)	23,6	24,4	24,0	23,2	23,6	25,2	27,7	28,7	30,2	33,6

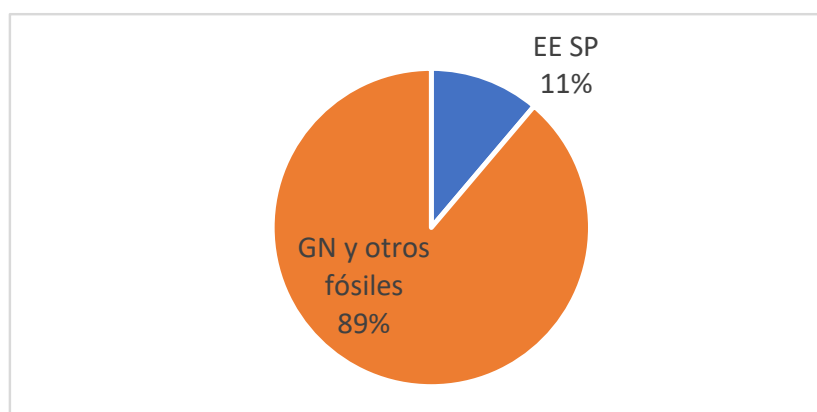
(1) Unidades de conversión de la EIA

(2) Gas natural incluye materia prima y energía, no incluye líquidos de gas natural ni nafta como materia prima (Fuente IPA)

Es de hacer notar que en estos valores se observa el creciente rol del gas natural como materia prima, especialmente en la producción de Amoníaco / Urea.

El consumo total del sector en 2017, se situaría en torno a los 1806 kTep (202 kTep EE, y 1604 kTep de GN y otros), según la estructura que se observa en el gráfico siguiente, ocupando el 14,3% del consumo energético del sector manufacturero.

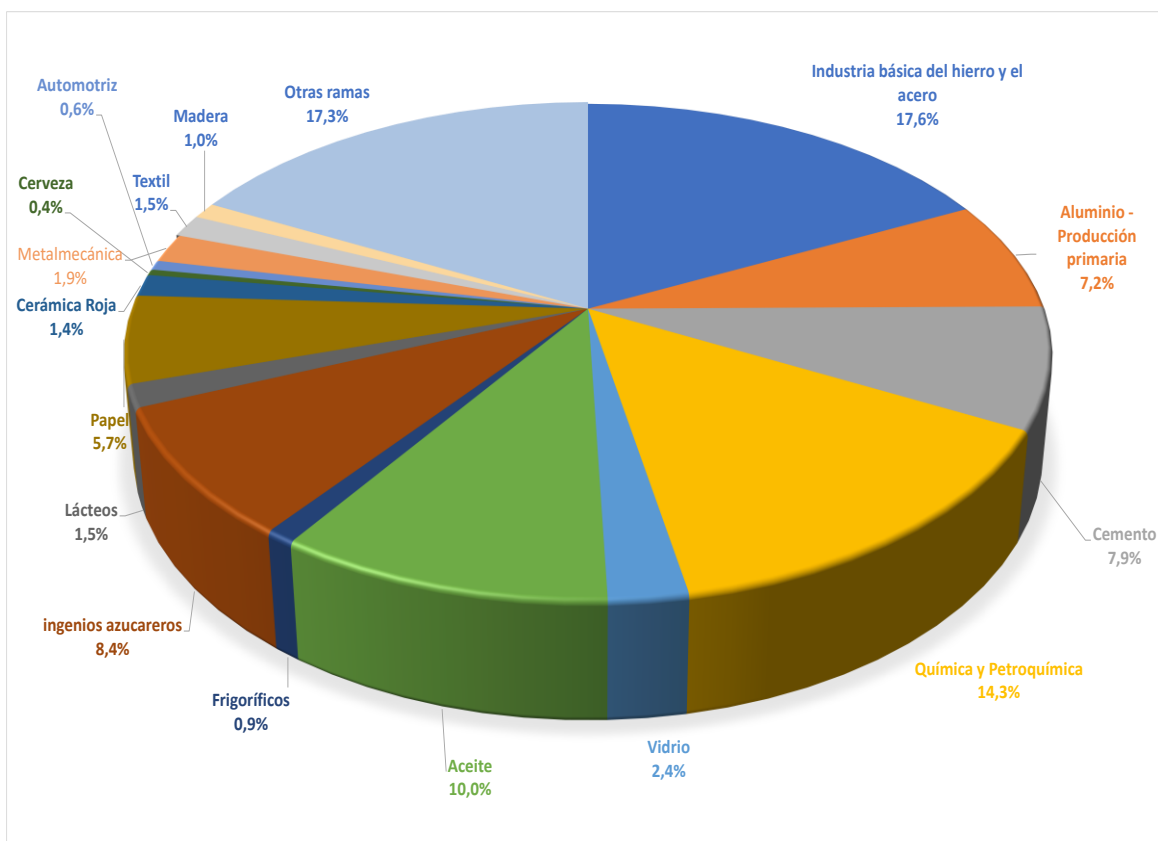
Gráfico 15. Estructura del consumo energético en Química y Petroquímica (kTep y %)



Fuente: Elaboración propia, en base a CAMMESA, ENARGAS y empresas



Gráfico 16. Estructura del consumo energético industrial manufacturero.



Fuente: Elaboración propia, en base a CAMMESA, ENARGAS y empresas.

Si se relaciona el consumo energético estimado para 2017, con el total de toneladas de productos químicos y petroquímicos (7150 miles de ton), se obtiene un consumo específico medio del sector de 11,8 GJ/Ton (5450 BTU/libra).

Respecto de los costos energéticos, no hay mucha información disponible y las respuestas obtenidas en las encuestas son bastante disímiles, marcando en algunos casos que su peso en el total de los costos operativos no supera el 5% del total, y en otros que se encuentra cercano al 30%.

3.2. Benchmarking

Para analizar y comparar la eficiencia energética Argentina frente a Estados Unidos y el potencial de mejora se utilizó un informe del US Departamento of Energy (Bandwith Std en Energy Use and Potencial Energy Savings in the US Chemical Manufacturing June 2015) y para Argentina información utilizada para preparar la edición 38 (2018) del anuario de Información Estadística de la Industria Petroquímica y Química Argentina.

Nota metodológica para la estimación de ahorro energético por benchmarking:

Cálculo del consumo específico por planta/empresa/rama como el cociente del consumo neto de energía (1) y la producción (2) para un mismo año (en este estudio el año 2017). Estimación del nivel de benchmark adecuado con el cual se lleva adelante la comparación del consumo específico obtenido en (3). La comparación del indicador de consumo específico de determinada planta industrial, empresa o rama con un nivel de benchmark correspondiente a tecnologías actuales requiere considerar límites del sistema, procesos industriales, insumos y productos que sean efectivamente comparables (e.g. nivel de



benchmark CT “Current Technology” del DoE). Usualmente, los niveles de benchmark vienen desagregados por subproceso, tipo de tecnología y producto de tal forma que sea posible reconstruir un indicador de consumo específico que sea comparable con el proceso nacional a nivel de una planta industrial o una empresa, o que al menos pueda representar el promedio de la situación de una determinada rama industrial. En el caso de niveles de benchmark que están asociados con cambios tecnológicos profundos, los procesos no necesariamente son equivalentes a los utilizados actualmente a nivel nacional, aunque debe haber coherencia en los productos y los límites del sistema a analizar.

Estimación del potencial de ahorro de una planta/empresa/rama. Ejemplo, con una actividad cuya producción física se expresa en toneladas:

$$\text{Potencial de ahorro (GJ/año)} = [\text{CE (GJ/ton)} - \text{CE}_{\text{bench}} (\text{GJ/ton})] \times \text{Producción (ton/año)},$$

Donde: CE es el consumo específico de la empresa en energía neta por unidad de producto (4), y CE_{bench} es el consumo específico del nivel de benchmark (5).

El potencial de ahorro puede ser expresado también como % del consumo neta de energía de cada rama, o como % del consumo del sector industrial en su conjunto.

En el trabajo de la US DOE se toma en cuenta no sólo la energía consumida dentro de las plantas, sino también la energía utilizada en la producción y transporte de electricidad y combustibles. Para Argentina se consideró un 20% en forma conservadora, por depender mucho de generación con motores diesel, turbinas a vapor y ciclos abiertos, con poca participación de generación nuclear e hidroeléctrica.

Tabla 4. Benchmarking de Eficiencia Energética.

BENCHMARKING DE EFICIENCIA ENERGÉTICA COMPARADO				
DATOS	Unidades	ARGENTINA	USA	Relación USA/Argentina
Producción Petroquímica	Millones de libras/año	14608	346759	23,7
Consumo Onsite de Energía	Tera BTU/año	66,3	1401	
Consumo Offsite de Energía(*)	Tera BTU/año	12,6	246	
Consumo Total de Energía Petroquímica	Tera BTU/año	78,9	1647	20,9
Eficiencia Energética	BTU/Lb	5450	4750	15%

(*) En el análisis del DOE el consumo de gas, vapor y electricidad se considera a sus equivalencias energéticas. Mientras que las ineficiencias en generación de vapor, electricidad, transporte de gas y otras pérdidas se las considera "Offsites losses calculated" esto representó en el análisis de DOE 17,6%, para el mismo universo de productos.

De este estudio se desprende que, en el mejor de los casos, la intensidad energética de la petroquímica argentina es 15% mayor que la que tenía Estados Unidos en 2010. Esto puede deberse a que muchas plantas se construyeron hace varias décadas atrás y además el tamaño de dichas plantas es mucho menor a las de Estados Unidos. A pesar de que esas instalaciones han tenido actualizaciones, la diferencia sigue existiendo.

En la Unión Europea la intensidad energética mejoró un 36 % entre 2001 y 2016 y si se considera un nivel 100 al año 1993 la intensidad energética se redujo a la mitad.

Es importante considerar que una fábrica típica generalmente produce varios tipos de productos, y utiliza varios tipos y estructuras de insumos. También, si bien se puede conocer el consumo de energía específico de diferentes tipos de productos, el consumo anual total generalmente fluctúa dependiendo de la estructura de producción. También hay diferencias en los tipos de producción y los subprocesos involucrados. Por otro lado, no deben dejar de



considerarse los diferentes aspectos de macroeconomía en la que se insertan el sector analizado. En conjunto, estos factores hacen que la evaluación comparativa entre diferentes plantas/empresas sea un desafío.

Entonces, es necesario aclarar que la incertidumbre en los datos de origen no permite obtener conclusiones firmes respecto de las intensidades energéticas de las empresas petroquímicas de la Argentina ni realizar recomendaciones, salvo la obtención de mayor información.

4. Medidas de Eficiencia y barreras:

Desde la visión adoptada en el Proyecto Eficiencia Energética en Argentina y para desarrollar el PlanEEAr, se considera que las medidas deben enmarcarse en una visión de gestión de la energía, que consiste en identificar e implementar acciones organizativas, técnicas y de comportamiento, con el objetivo de mejorar el desempeño energético (DE) de la empresa. Asumiendo que todas las acciones son económicamente viables, dependiendo de la racionalidad del decisor. Tal conjunto de medidas admite una clasificación posible que podría sintetizarse en las siguientes categorías:

Categoría 1, acciones de gestión (cambios en la forma de hacer las cosas, cambios culturales, automatización de procesos, ordenamiento horario, etc.), con baja o nula inversión.

Categoría 2, inversiones intermedias, mantenimientos de fondo, reparaciones importantes y/o modificaciones en planta.

Categoría 3, cambios tecnológicos en los procesos productivos. Este último tiene asociado inversiones importantes.

4.1. Medidas de EE en el sector

El estudio del US DOE analiza el potencial de mejora en Estados Unidos utilizando técnicas de Gestión de la Energía y tecnologías recientes que requieren inversiones moderadas. El potencial de mejora que asigna un 50% a cada uno de las dos posibilidades alcanza al 19 % de la energía utilizada. Extrapolando esto a la Argentina el potencial total de mejora de la eficiencia alcanzaría al 34%. El mencionado informe identifica mejoras mucho más importantes si se emplearan tecnologías aún en fase de Investigación y Desarrollo.

Por otro lado, dada la elevada heterogeneidad de productos sectoriales, se vuelve compleja la estimación de un potencial de ahorro energético para esta rama. Sin embargo, no sería equivocado suponer que existe un mínimo ahorro obtenible a partir de acciones sin inversión. Efectivamente el experto José Luis Larregola, ha indicado que se podría esperar obtener un 4% de ahorro eléctrico, y 8% térmico, con pequeños cambios de conducta, culturales, automatizaciones, etc. Se ha detectado un porcentaje de costos de los energéticos que representa entre un 5 y un 30% de los costos operativos totales. Ello significa que cualquier ahorro, podría generar un impacto medio/alto, en sus márgenes operativos.

En base al Diagnóstico realizado de consumos energéticos sectoriales, a la información de las webs empresariales, a las entrevistas realizadas a expertos, y a la literatura internacional análisis realizado y a las fuentes consultadas, se presentan a continuación algunas posibles medidas de EE a discutir con los actores del sector^{6 7 8}:

⁶ En Anexo 1, se presenta el proyecto de eficiencia de Profertil.

⁷ En Anexo 2, se presenta un Sumario de oportunidades de mejoras específicas de procesos para productos claves de la industria petroquímica (Fuente propias y Neelis et al 2008).



- ✓ **Categoría 1, Acciones de gestión**: automatización y control integral de la planta; implementación de SGEN; gestión de las compras de energía; Implementación de un sistema de información; programas de incentivos o penalizaciones; capacitación técnica al personal (calderas, fuerza motriz, etc.).
- ✓ **Categoría 2, Inversiones intermedias**: generar energía a partir de fuentes renovables para atender algunas demandas de la planta; medidas de recambio / modernización de equipamiento (iluminación, motores); medidas asociadas a mejora de procesos (manejos de condensados; ajuste de combustión; limpieza de intercambiadores; quemadores de alta eficiencia; aislaciones, integración de procesos; recuperación del calor de los gases de combustión; precalentamiento del aire de ingreso a los quemadores de los hornos; control del exceso de oxígeno en la combustión; recuperación de calor en los humos, con el límite fijado por el nivel de SO₃ (si fuera posible analizar un cambio de combustible y utilizar fuentes renovables); mejoras en las condiciones de la edificación; implementación de Norma ISO 50001.
- ✓ **Categoría 3, Cambios tecnológicos en los procesos productivos**: reciclado de poliolefinas de materia prima a combustibles (se trata de una tecnología ya probada que a la par de lograr una gran mejora en eficiencia energética resuelve un serio problema ambiental); cogeneración de vapor y electricidad; en período de revamping de plantas, revisar las posibilidades de mejorar los sistemas de bombeo que pueden alcanzar a elevados ahorros energéticos; también hay que revisar los sistemas de vapor; y las bombas de calor; y realizar el análisis Pinch⁹ para estimar la posibilidad de recuperar el calor de corrientes calientes; incorporación del reciclado (mediante la selección, molienda y extrusión los polímeros)¹⁰. Reciclar la mayor cantidad de plásticos posible evitando que estos terminen enterrados con la basura o contaminando los mares.

Sería muy largo enumerar todas las oportunidades de mejora existentes. Se puede citar como ejemplo el manual de Gerenciamiento Global de la Energía de Exxon-Mobil consta de 12 manuales y cerca de 1200 páginas que describen en detalle 20 mejores prácticas- La empresa estima que en sus refinerías y plantas petroquímicas existe un potencial de mejora de 15/20%. En la Tabla siguiente se presentan las medidas propuestas y discutidas en el taller de la UIA.

⁸ En Anexo 4, se presenta

⁹ La recuperación de calor de corrientes calientes para calentar o evaporar corrientes frías está restringido por los niveles de temperatura de las corrientes, también por la disposición física de las mismas en la planta y por la economía. El análisis Pinch se utiliza para estimar el máximo calor recuperable de un sistema. Además de las restricciones termodinámicas, existe una diferencia de temperatura mínima técnica y económicamente posible entre la corriente fría y la caliente.

¹⁰ Cuidando que algunos de estos procesos del Policloruro de Vinilo o el Oxígeno del PET son venenos.



Tabla 5. Medidas de eficiencia definidas por actores en el taller de la UIA

RAMA	CATEG.	MEDIDA	DESCRIPCIÓN / COMENTARIO	USO ENERGÉTICO
QUIMICA	I	Aparatos automáticos de corte	Comentario: Mucha posibilidad de ahorro sobre todo en PyMEs	
		Implementación de Sistemas de Gestión de la Energía	Comentario: Es una medida que tiene una complejidad desde la red de implementación a nivel nacional. Se mencionaron algunos problemas específicos que se requieren derribar: Pocas personas para implementar. Muchos para hacer auditorias, pero pocos para implementar. Cuestión cultural. Restricciones de lo que entiende la gente sobre la importancia de la promoción de la conservación de la energía. En muchos casos se concentra sólo en energía sin tener en cuenta los usos térmicos	
	II	Uso de vapor residual	Comentario: se menciona que aún se mantiene como un déficit a nivel nacional	

4.2. Barreras

La metodología utilizada en el marco de este proyecto para la identificación de las barreras cuenta con dos fases, una de revisión de escritorio y otra de trabajo de campo participativo mediante encuestas semiestructuradas, entrevistas en profundidad y talleres participativos con grupos de trabajo (*focus group*).

A estos fines se han realizado una serie de entrevistas en profundidad con los principales actores identificados y se ha implementado una encuesta semiestructurada y direccionada a través de las principales cámaras de los sectores y de informantes clave¹¹. Esto ha permitido avanzar en una primera identificación de las barreras a nivel sectorial (a un nivel simplificado aún), con el fin de trabajar sobre las mismas en los talleres.

Así mismo, una vez que las barreras han sido identificadas es fundamental poder identificar cuáles son las barreras claves y cuáles no. Este proceso se realiza en el marco de los talleres de trabajo que se desarrollarán a lo largo de 2019 y 2020.

Los resultados preliminares muestran que las mayores barreras en el sector podrían estar principalmente asociadas a:

- ✓ Falta de capacidades técnicas para la evaluación de alternativas de Eficiencia Energética,
- ✓ Desconocimiento del potencial de Eficiencia Energética de su establecimiento,
- ✓ Pocas opciones de mercado de tecnologías eficientes
- ✓ Elevado costo de tecnologías eficientes,
- ✓ Elevado costo del financiamiento

Se indican además los siguientes problemas que pueden constituir barreras a la EE:

- ✓ Obsolescencia en algunas instalaciones (cierre de varias plantas)
- ✓ Escasez de especialistas en construcción montaje y mantenimiento.
- ✓ Formación de los técnicos.
- ✓ Insuficiente capacidad nacional de I&D (salvo en el caso de YPF)

¹¹ <https://forms.gle/g6hq2oVW1c9uQvE9>.



- ✓ Falta de programas de desarrollo industrial
- ✓ Problemas en el mercado de capitales nacional.

Otro aspecto de relevancia que se observó en las encuestas es que en general las empresas del sector pertenecen (a diferencia de otros sectores) a **polos industriales** lo que se valora por las siguientes condiciones:

- En los polos industriales se encuentran mejores condiciones de seguridad
- Lejanía de la comunidad
- Ventajas impositivas,
- Ventajas relacionadas con los aspectos logísticos.

Los informantes entrevistados indican que en las grandes empresas del sector la EE se mantiene como un tema de relevancia, mientras que en las PYMES no parece ser prioritario frente a las urgencias cotidianas. En estas últimas las principales barreras para pensar en acciones de EE se podrían relacionar con:

- ✓ Falta de capacidad técnica propia,
- ✓ No identificación de la importancia del tema
- ✓ Ausencia de motivación económica, sobre todo durante la etapa de precios bajos de la energía.

Finalmente, de acuerdo a la opinión de los expertos se detallan a continuación algunos aspectos relacionados con debilidades internas de la industria QyP y con amenazas externas (condiciones de entorno) que por su relevancia pueden tener impacto directo sobre las acciones de EE:

Debilidades de la industria

- ✓ Estructura incompleta a nivel nacional por falta de escala
- ✓ Retroceso en la participación de empresas privadas de capital nacional
- ✓ Posibles problemas de abastecimiento local de gas natural.
- ✓ Potenciales problemas en infraestructura de transporte de gas natural
- ✓ Costos del gas natural no convencional y su impacto en los costos de producción (aunque esto puede ser un incentivo para la puesta en marcha de acciones de EE)
- ✓ Mercado interno reducido para muchos de los productos.
- ✓ Elevados costos logísticos

Amenazas del entorno:

- ✓ Baja predictibilidad
- ✓ Seguridad jurídica
- ✓ Baja asociatividad de las cadenas productivas
- ✓ Competencia externa con bajos costos de materia prima
- ✓ Escasas posibilidades de construcción de nuevas refinerías
- ✓ Legislación laboral / costo laboral / conflictos laborales
- ✓ Presión ambientalista
- ✓ Problemas impositivos.

En la Tabla siguiente se presentan las barreras propuestas y discutidas en el taller de la UIA.



Tabla 6. Barreras a la eficiencia definidas por actores en el taller de la UIA

SECTOR	CATEGORÍA	BARRERA	DESCRIPCION / COMENTARIOS
QUÍMICA	FINANCIAMIENTO	Altas tasas de interés	Eso hace que no se puedan implementar muchas opciones de EE
	ECONÓMICAS O DE MERCADO	Estas inversiones se realizan dentro de cada compañía solamente cuando es vista como un negocio que da dinero.	Es necesario que las medidas se vean como eficientes económicamente.
		Dificultad para conseguir equipos de tecnologías extranjeras	En algún periodo en particular no estaban los motores de alta eficiencia para potencias elevadas a nivel nacional, y la importación era un proceso complejo.
		Precios elevados de la tecnología	Por ejemplo, los motores de mayor eficiencia energética son los europeos, pero por los precios elevados no se puede acceder a los mismos y se terminan adquiriendo motores de EE media y no el de punta
	CULTURALES Y DE CONCIENTIZACIÓN	Estructura de organización. No se termina de convencer a la alta dirección	La barrera principal es que no se ve como relevante.
	INSTITUCIONALES Y REGULATORIAS	Falta de regulación para la cogeneración.	Aquí se menciona no solo la regulación para que se pueda cogenerar sino también la posibilidad de licitaciones.
Licitaciones adecuadas para		Hay industrias que consumen vapor pero podrían poner su excedente mediante generación en la red. Se necesita asegurar un despacho y un precio.	



Anexo 1. Proyecto de Profértil de mejora de la eficiencia energética

Uno de los mejores ejemplos de un proyecto de mejora de la eficiencia energética fue realizado en Argentina por la empresa Profértil. Una asociación entre la petrolera estatal YPF y la compañía canadiense Agrium. Se trató de una innovación tecnológica para este tipo de plantas.

El proyecto se completó entre 2015 y 2016, la mayor parte de la mejora se debe a la instalación de un compresor de aire movido por una turbina a gas, la instalación de un generador de electricidad de 13MW y una Unidad de recuperación de calor de escape de la turbina a gas (NEM HRSG) que genera una parte importante del vapor que requiere la planta de Urea. Este equipamiento fue provisto por Siemens en lo que es la primera incursión de dicha empresa en la producción de Amoniaco y Urea (Planta de referencia).

El objetivo del proyecto fu aumentar la producción de Urea en cerca de un 20%, también se aumentó la producción de Amoniaco, utilizando la misma cantidad de gas natural que era de 2.500.000 m³/día (Materia prima y energía). La instalación del generador de electricidad permitió reducir el consumo eléctrico en un 24%; además se redujo el consumo de agua en la planta.

Otro componente del proyecto, que permitió el aumento de producción y la reducción de gases de efecto invernadero de una empresa vecina fue la captura de más de 50,000 toneladas por año de Dióxido de Carbono emitido por Compañía MEGA para incrementar la producción de Urea, ya que éste se utiliza como materia prima.

Un efecto muy importante de toda esta mejora fue una reducción significativa de la emisión de gases de efecto invernadero (Óxidos de Nitrógeno -17% y CO₂ -10%).

El diagrama de bloques que se adjunta refleja cómo se integró el proyecto a la planta existente.

Gráfico A.1.1. Diagrama de bloques.



Fuente propias y Neelis et al 2008.



Anexo 2. Sumario de oportunidades de mejoras en la industria petroquímica

A.2.1. Sumario de oportunidades de mejoras específicas de procesos para productos claves de la industria petroquímica.

Como ejemplo en la producción de etileno el horno de craqueo utiliza el 65% de la energía (no materia prima) que utiliza la planta, por lo que esta etapa de la planta ofrece muchas oportunidades de mejora. La lista que sigue muestra algunas de estas oportunidades:

- Etileno
 - Tubos de hornos más selectivos y con materiales de mayor resistencia a la temperatura (Creep).
 - Mejoras en el diseño de TLX (Transfer Line Exchangers) que permiten generar más vapor de muy alta presión.
 - Hornos de Cracking de Mayor eficiencia.
 - Turbinas de gas integradas al horno.
 - En las plantas que utilizan nafta como materia prima aumentar la temperatura de fondo de los fraccionadores.
 - Recuperar calor del agua de quench, por ejemplo, se utiliza para separar propano de propileno.
 - Disminuir la caída de presión en los enfriadores de interetapas de los compresores.
 - Un segundo expansor en la demetanizadora.
 - Hervidores adicionales en los fondos de las columnas de destilación permitirían recuperar más frío.
 - Aumentar la superficie de los intercambiadores o modificar el diseño para mejorar el coeficiente de transferencia de calor.
 - Ajustar el balance de vapor y electricidad.
 - Mejorar la eficiencia de Compresores (Se verán ideas más adelante).
 - Mejorar la eficiencia de los sistemas de bombeo para grandes caudales. (Este punto será ampliado con más detalles).
 - Utilización de fuentes de energía renovables para calor y frío, por ejemplo, precalentar las cargas o los combustibles con calor solar, o generar frío con dicho calor para aliviar la carga de los sistemas de refrigeración.
- Aromáticos
 - CCR Continuous Catalyst Regeneration, mejora la eficiencia frente a los sistemas de reactores de lecho fijo, que deben detenerse para regenerar el catalizador cuando la conversión decae en forma significativa.
 - Mejoras en los sistemas de recuperación de productos.
- Polímeros
 - Recuperación de vapor de baja presión.
 - Bomba de engranajes en lugar de extrusores (No siempre es posible N de A).
 - Fabricación de compuestos (Mezclas de polímeros y cargas) en línea.
 - Mejoras en la recuperación de monómeros no convertidos.
 - Reúso de solventes, y aceites.
 - Reducción de scrap (Polímero degradado no peletizado).
 - Control Avanzado de Procesos.
- Dicloruro de Etileno y Monómero Vinílico.
 - Optimizar los lazos de reciclo.
 - Proceso de cloración directa de etileno en fase gaseosa (Implica una nueva planta).



- Cracking Catalítico de EDC (Implica una nueva planta).
- Estireno
 - Integración de Procesos y recuperación de condensado

A.2.2. Ahorros potenciales en sistemas comunes a todas las plantas químicas y petroquímicas

Sistemas de aire comprimido (fuente US DOE 2004)

Estos sistemas presentan múltiples oportunidades de mejora, se estima que entre el ingreso al motor que mueve al compresor y lo que recibe el proceso se pierde hasta el 55% de la energía, gran parte en forma de calor. Los potenciales de ahorro que se indican más abajo se refieren a la energía gastada en cada etapa del proceso, no se suman.

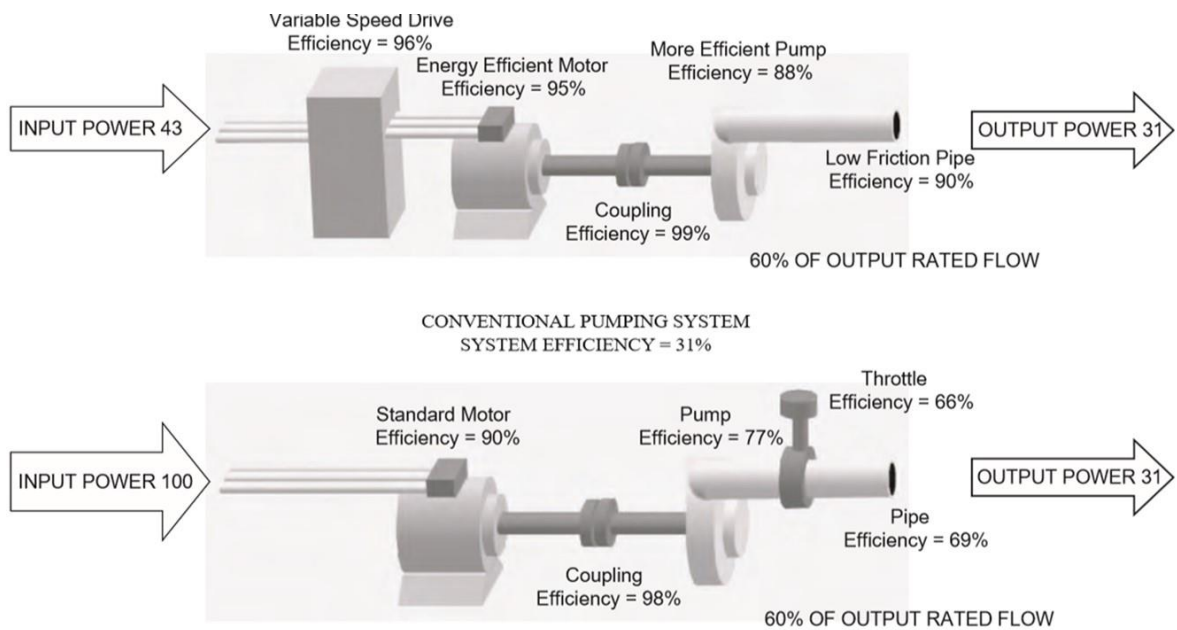
1. Usar compresores más eficientes-(Potencial 2%)
2. Reconfigurar el sistema de cañería inclusive el colector principal, para reducir pérdida de carga (Potencial 20%)
3. Incrementar el almacenaje de aire comprimido, para minimizar las paradas y arranques o la marcha en vacío del compresor (Potencial 20%)
4. Incorporar un segundo compresor de menor tamaño, para las demandas fuera de pico (Potencial 2%)
5. Revisar o mejorar los controles de los compresores y del proceso (Potencial 30%)
6. Instalar un sistema de control de la distribución (Potencial 20%)
7. Reparar o mejorar los secadores de aire, filtros y los drenajes de agua (Potencial 16%)
8. Reemplazar las válvulas de bloqueo o distribución tipo exclusiva por válvulas globo (Potencial 10%)
9. Una empresa argentina reemplazó un motor eléctrico por una turbina de vapor que utilizaba vapor excedente, al que se le bajaba la presión a través de una válvula

Mejoras en los sistemas de bombeo

La plantas químicas y petroquímicas utilizan bombas de gran tamaño y potencia para el movimiento de grandes caudales de líquidos, como por ejemplo en los sistemas de agua de enfriamiento, la figura 20 indica que del 100% de la energía que llega a la bomba, sólo el 31% llega al proceso, gran parte de esta energía se gasta en los controles de caudal y en las válvulas que regulan el ingreso de agua a los intercambiadores de calor. Motores eléctricos más eficientes también representan otra fuente de ahorro de energía. El tipo de cañerías empleadas puede disminuir en un 30% la energía gastada en el movimiento de cañerías, pero si bien el uso de caños de baja fricción ahorraría mucha energía, resulta impensable cambiar el piping de una planta, pero es bueno tener en cuenta estos factores en las remodelaciones (Revamping de plantas). La suma de todas estas mejoras podría reducir en un 57% el gasto de energía en un sistema de bombeo de agua de enfriamiento.



Gráfico A.2.1. Sistemas de bombeo.

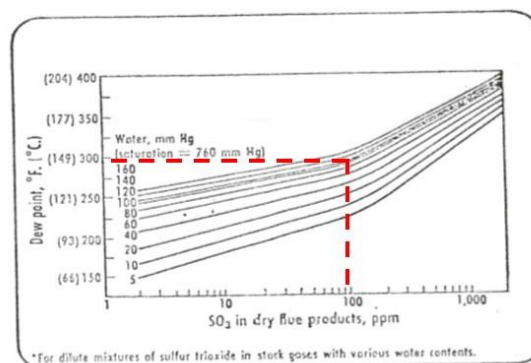


Sistemas de vapor

Los dos grandes generadores de desperdicio de energía son la descarga de turbinas de vapor a condensadores, con un alto contenido de energía y los humos de caldera, en este caso la temperatura de los humos depende de la calidad del combustible (Contenido de azufre) ya que, a mayor contenido de Anhídrido Sulfúrico, más alta debe ser la temperatura de descarga de los humos para prevenir corrosión, ya que este mezclado con el agua forma Ácido Sulfúrico. Por ello es necesario controlar el punto de rocío de los humos. En la figura 21 se observa que para humos con 16% de saturación de agua y 100ppm de SO₃, la temperatura mínima de ellos humos es de 149 °C, lo que da una idea del calor desperdiciado en la salida de humos. (Cuanto más alta es la temperatura de los humos menos energía se puede recuperar de los mismos)

Gráfico A.2.2. Sistemas de vapor.

Dew points*

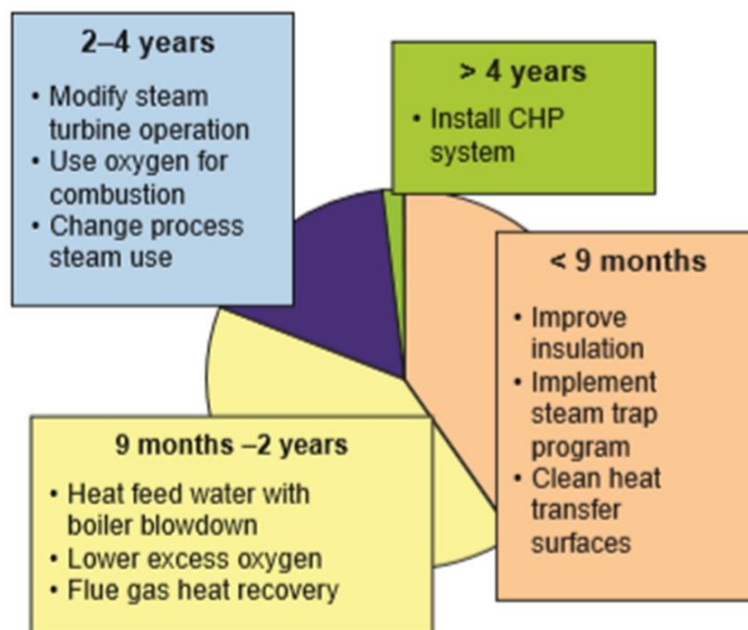


Ing. Carlos Octtinger



La EIA estimaba en 2007 que el potencial de ahorro de los sistemas de vapor alcanzaba a $3.128 \cdot 10^{12}$ BTU. (TeraBTU). De 100% de la energía utilizada en un sistema comercial de vapor sólo el 45% de la energía empleada llega a utilizarse. El US DOE ha creado un sistema de apoyo con expertos para mejorar el uso de la energía. El ahorro esperado alcanza a 87.2TBTU, lo que representa un ahorro superior a U\$ 1000 Millones y 7.9 mil millones de toneladas de CO₂ emitidos.

Gráfico A.2.3. Sistemas de vapor



La Figura A.2.3. muestra una estimación de los períodos de repago de diferentes mejoras en los sistemas de vapor a costos de energía e inversión de 2006.

- **Menos de 9 meses**
 - Mejorar la aislación
 - Programa de inspección, reparación y cambio de trampas de vapor
 - Limpieza de intercambiadores
 - meses a 2 años
 - Precalentar el agua de alimentación con la purga continua de calderas
 - Controlar el exceso de oxígeno en la combustión
 - Recuperación de calor en los humos, con el límite fijado por el nivel de SO₃, si fuera posible analizar un cambio de combustible
- **2 a 4 años**
 - Modificar la operación de las turbinas de vapor
 - Usar oxígeno o aire enriquecido para la combustión (puede ser una solución cara)
 - Cambiar el uso de vapor de proceso (El uso de fuentes de energía renovables como calentamiento solar concentrado o calefactores solares para frío por evaporación puede ser de interés).
- **4 años**
 - **Instalar Co Generación**



Si bien los períodos de repago tienen diferencias importantes, se requiere un programa sistemático para elegir las mejores opciones para cada planta y tecnología.

Bombas De Calor

Los procesos industriales y más específicamente la Industria Petroquímica, utilizan las bombas de calor para elevar el nivel energético de un fluido, para calentar un sumidero de calor. El principio fue desarrollado por Lord Kelvin en 1892.

Las bombas de calor pueden utilizar un compresor para elevar el nivel energético de una corriente y entregar esa energía en otro lugar del proceso que la requiere. También pueden utilizar calor del medio ambiente como fuente de calor. UN ejemplo de esto son los sistemas de aire acondicionado frío calor.

Tipos de bombas de calor

- **Recompresión mecánica:** Una corriente de vapores de baja presión es comprimida para suministrar calor en otra etapa del proceso, ejemplos de su uso son en destilación o evaporación de líquidos
- **Bomba de calor mecánica:** Un fluido refrigerante se evapora usando una fuente de calor del proceso y se comprime cediendo luego calor al condensarse.
- **Bomba de Calor de Absorción:** En este caso no se usan compresores, se trata de un sistema triple. Un fluido de alta temperatura se utiliza para calentar otro de menor temperatura. Y este último fluido es enviado al proceso a una temperatura intermedia a una etapa del proceso que necesita calor a esa temperatura.
- Un ejemplo clásico de bomba de calor se utiliza en la separación de Propano de Propileno por destilación. Los vapores de cabeza de la columna son enviados a un compresor que eleva el nivel de presión y temperatura de los mismos que se condensan en el hervidor del fondo de la columna, esto reemplaza al uso de vapor. En un ejemplo práctico un compresor de 3000KW (10 MMBTU), reemplazan a 57 T/h de vapor de media presión (150MMBTU), además la necesidad de agua de enfriamiento es 90% menor.

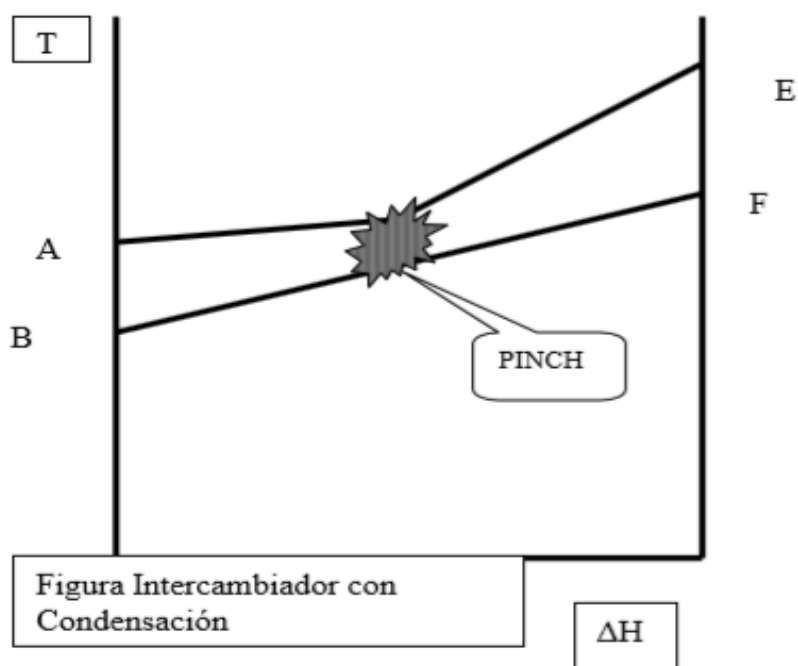
Concepto de Pinch (Pellizco)

Cuando tratamos de recuperar energía, se debe tener en cuenta el riesgo de violar la Segunda Ley de la Termodinámica, la que, para el caso de la transferencia de calor, establece que el fluido que provee calor debe estar en todo momento a mayor temperatura que el fluido que la recibe. Esto parece obvio, pero hay casos, como cuando uno de los fluidos cambia de estado, en que este fenómeno, se torna paradójico.

El gráfico siguiente, muestra un caso en el que un vapor se condensa. En el diagrama temperatura/ Entalpía, podemos ver que en el punto donde el fluido comienza a licuarse la diferencia de temperatura puede ser 0 o negativa, punto C llegando a un imposible en el punto de Pinch. El alto costo de la Energía ha llevado a extremos de recuperación donde este factor se tiene muy en cuenta.



Gráfico A.2.4. Punto Pinch.



A las bajas Temperaturas a las que operan ciertos procesos, tales como la separación de Gas Natural o caja fría de la planta de Etileno, se debe tener en cuenta el grado de irreversibilidad del mismo, puesto que, a más reversibilidad, menor será el consumo de energía. En los Intercambiadores de Calor, cuanto menor sea la diferencia de temperatura entre los fluidos, más cerca de la reversibilidad estaremos. Una guía práctica que da Perry, es intercambiar calor sensible, con calor sensible. Y calor latente con calor latente. Otro indicador de mínima irreversibilidad es cuando se minimiza el aumento de Entropía.

La recuperación de calor de corrientes calientes para calentar o evaporar corrientes frías está restringido por los niveles de temperatura de las corrientes, también por la disposición física de las mismas en la planta y la economía. El análisis Pinch se utiliza para estimar el máximo calor recuperable de un sistema. Además de las restricciones termodinámicas, existe una diferencia de temperatura mínima técnica y económicamente posible entre la corriente fría y la caliente.



Anexo 3. Reciclado de plásticos una vía para lograr la eficiencia energética

En Argentina se reciclaron en 2017 cerca de 200.000 toneladas de polímeros lo que representa el 14% de la producción, se destacan el reciclado de envases de PET que llega al 25% del producido, mientras que de polietilenos se reciclaron 77.000 toneladas el 12% de la producción. Este reciclado se basa en la selección molienda y extrusión los polímeros., se logra sí un significativo ahorro en materia prima y la energía de producción, lo que logra un balance energético positivo.

Pero en el mundo se han probado y aplicado ya tecnologías que convierten los plásticos en combustibles como Diesel de alta calidad o en materia prima para cracking. En el primer caso se han desarrollado o plantas de reciclado de tamaño que se adapta a los residuos que se generan en municipalidades, lo que permite dejar de enterrar plásticos para producir combustibles valiosos. Un ejemplo es el de una planta que convierte 50 toneladas de residuos plásticos en 98 metros cúbicos de combustibles (Diesel-Fuel Oil o Nafta). Esto es convertir 547 MMKcal en 834 MMKcal de gas oil. Sin tener en cuenta el gasto de combustible para llegar a las temperaturas de descomposición de los polímeros. Según los informes revisados la eficiencia energética es muy alta.

Otro camino es la gasificación, empleando tecnologías usadas desde hace más de 200 años, muy similares a las que convierten Carbón en Metanol. Olefinas o Amoníaco. El gas generado puede servir también para generar electricidad. El proceso de gasificación ha crecido en forma notable en la última década en Estados Unidos. En 2013 había 21 empresas con plantas pilotos y de demostración, pero además había 17 plantas de escala comercial en desarrollo o en construcción.

Algunos de estos procesos son catalíticos para los que el cloro del Policloruro de Vinilo o el Oxígeno del PET son venenos. El PET ya tiene su propia vía de reciclo, mientras que el PVC debe ser separado ya que en el proceso de pirólisis o en el catalítico generan dioxinas altamente tóxicas. Afortunadamente existen equipos que detectan y separan a estos polímeros.



Anexo 4. Gerenciamiento de la energía

Según un informe del Departamento de Energía de Estados Unidos mucho se puede lograr con un adecuado programa de Gerenciamiento de la Energía.

Los componentes típicos de los estándares para el gerenciamiento de la energía incluyen:

- Un plan estratégico que requiere mediciones, compromiso de la gerencia, documentación para la mejora continua de la eficiencia energética.
- Un equipo Inter divisional conducido por un representante que reporta directamente a la dirección y es responsable de supervisar la implementación del plan estratégico. Políticas y procedimientos para enfocar todos los aspectos de la compra de energía, su uso y descarga.
- Proyectos que demuestren la mejora continua de la eficiencia energética.
- Creación de un Manual de la Energía, un documento vivo que evoluciona con el tiempo en la medida que nuevos proyectos de ahorro de energía y nuevas políticas se llevan a cabo y se documentan. Identificación de los KPI Indicadores Claves de Desempeño, propios de cada empresa y que se los sigue para medir el progreso. Informes periódicos a la gerencia basados en las mencionadas mediciones.
- ISO 50001 Esto estándares se han desarrollado para hacerlos totalmente compatibles con las normas ISO 9001 de gerenciamiento de la Calidad y 14000/1 de gerenciamiento del Medio Ambiente.
- La nueva norma ISO 50001 (2011) establece un marco internacional para que las plantas o las empresas gerencien la energía, incluyendo aspectos del uso y de la compra. Se provee a la gerencia de estrategias y técnicas para mejorar la eficiencia energética, reducir costos y mejorar el desempeño ambiental. Las industrias deberán utilizar esta norma como herramienta para reducir la intensidad energética y la emisión de CO₂, se espera que la norma promueva la eficiencia energética a nivel global.

A.4.1. Políticas de estado para lograr la eficiencia energética

Una evaluación realizada en 2010 por el Indian Institute of Technology de Bombay analiza el avance de las políticas de estado en un conjunto de países, entre ellos Argentina. Son pocos los países que habían avanzado en este tema (se destacan China, Japón y Dinamarca) Se marca en Azul y negrita los que según el estudio se cumplían en nuestro país:

1. Sistema de Información – 2. Programas de Incentivos o penalizaciones - 3. Regulaciones de Eficiencia energética 4 Poner el foco en las industrias electro intensivas - 5 Generar estándares de gerenciamiento de la energía – **6. Evaluación energética subsidiada** 7. Asistencia financiera para proyectos de energía – 8. Entrenamiento en el Gerenciamiento de la Energía y evaluación de sistemas energéticos - 9. Estándares de eficiencia energética de equipos industriales – 10. Programas de reconocimiento.

A.4.2. Recomendaciones para la mejoras en la eficiencia energética

- ✓ Promover en el país un programa de Eficiencia Energética con todos los componentes mostrados en la tabla 6 del presente trabajo. La mayoría de los mismos se aplican en los pises más avanzados en el tema (China-Dinamarca - Japón) Promover la aplicación en el país de la NORMA ISO 50001.
- ✓ Formar equipos de especialistas en eficiencia energética con una adecuada especialización profesional



- ✓ Dado el alto costo logístico de la recolección, separación y traslado de los residuos plásticos es necesario promover esta actividad con medidas que premien la eliminación de los mismos frente a los enterramientos de basura en las municipalidades.
- ✓ Promover y facilitar la cogeneración en la industria eliminando barreras que pueden impedir el intercambio de energía entre la red y el productor. Atender el problema del costo de la reserva de potencia.



Bibliografía

- Información Estadística del Instituto Petroquímico Argentino Ediciones 1992 a 2018.
- Band Width Study on Energy use and Potential Energy Savings opportunities in US Chemical Manufacturing June 2015 US D.O.E.
- Índices de Valor Bruto de la Producción a precios de 2004 INDEC Argentina.
- Índice del Valor Agregado Bruto por Rama de Actividad INDEC Argentina (2016-2018).
- Valor Económico de la Producción Argentina por Rama de Actividad a precios de 2004 INDEC.
- An Outlook of Energy- a View to 2040. Exxon MOBIL Chemicals 7980-2040 Global Industry demand by Sector.
- EIA (Energy Information Agency) Energy Efficiency Report2016.
- El Rol de las Materias Primas en el Negocio Petroquímico. Carlos Octtinger. 5tas Jornadas Petroquímicas 2010.
- Petrochemical Industry Outlook. Chuck Venezia ARGUS-Dewitt (TX) 2018.
- Crecimiento Económico PTF (Productividad de Factores) y PIB (Producto Interno Bruto) en Argentina; (2018) Subsecretaría de Programación Macro Económica Ministerio de Hacienda Presidencia de la Nación.
- An Overview of the Petrochemical Industry Rina Quijada IHS Chemical (2018).
- Estimated Energy Consumption for Selected Chemicals ICIS Chemical Business America based on Niels et al (12205).
- Facts and Figures of the European Chemical Industry 2016 data CEFIC (European Chemical Industry) 2018.
- ARGUS Propylene and Derivatives (Argusmedia.com) January 10th 2018.
- Emerging Energy Recovery Plastics to Fuel; Previously published in Plastics Engineering and posted with permission from the Society of Plastics Engineers.
- BP Statistical Review of World Energy June 2017.
- GAS FLARING IN INDUSTRY: AN OVERVIEW Eman A. Department of Chemical Eng. and Pet. refinery, Suez University, Egypt.
- Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for the Petrochemical Industry an ENERGY STAR® Guide for Energy and Plant Managers Maarten Neelis, Ernst Worrell, and Eric Masanet ERNEST ORLANDO LAWRENCE BERKELEY NATIONAL LABORATORY.
- The Future of Petrochemicals Towards More Sustainable Plastics and Fertilizers International Energy Agency.
- PROFERTIL Argentina: Reporte de Sustentabilidad 2016 y 2017.
- DOW Chemical Plan de Manejo Avanzado de la Energía.
- Plastics Recycling to Hit Oil Producers: Bill Barnes Director of BIS.



**EFICIENCIA
ENERGÉTICA**
EN ARGENTINA

eficienciaenergetica.net.ar

info@eficienciaenergetica.net.ar

Proyecto financiado por
la Unión Europea

