



CONSEJO DIRECTIVO NACIONAL
2022 - 2024

**Descarbonización y Sustentabilidad en la Industria
Petrolera basada en la IDT**

**Mtro. Florentino R. Murrieta Guevara
Instituto Mexicano del Petróleo**



Contenido

- 1** Antecedentes
- 2** Transición Energética: Rol del IMP
- 3** Captura y transformación de Gas Natural
- 4** Eficiencia Energética y Sustentabilidad
- 5** Renovables en México
- 6** Nuevos Desarrollos
- 7** Conclusiones

¿ Qué es la Descarbonización?



SENER
SECRETARÍA DE ENERGÍA

IMP INSTITUTO
MEXICANO
DEL PETRÓLEO

- Descarbonización es el **proceso de reducción de emisiones de carbono**, sobre todo de dióxido de carbono (CO₂), a la atmósfera. Su objetivo es lograr una **economía global con bajas emisiones** que consiga la neutralidad climática a través de la [transición energética](#)
- Una **economía baja en carbono** ([acrónimo](#) en [inglés](#) **LCE**) o **economía baja en combustibles fósiles** (**LFPE**)¹ es una [economía](#) que emite un mínimo de [gases de efecto invernadero](#) (GHG por sus siglas en inglés o GEI en español) hacia la [biósfera](#) y, específicamente, un mínimo de [dióxido de carbono](#) (CO₂). Recientemente, [muchos científicos](#) y la opinión pública han llegado a la conclusión de que es tal la [acumulación de gases de efecto invernadero](#) (sobre todo CO₂) en la atmósfera debido a causas [antropogénicas](#), que el [clima está cambiando](#).

Concepto de Sustentabilidad Energética *



SENER
SECRETARÍA DE ENERGÍA

IMP INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO

- Desarrollo económico
- infraestructura
- Bienestar social
- Consideraciones geopolíticas
- Ciencia y desarrollo

1. Seguridad Energética

- Manejo efectivo en el suministro de la energía primaria (nacional y externo)
 - La confiabilidad de la infraestructura energética nacional
- La capacidad de abastecer la demanda actual y futura que demanda el mercado nacional

2. Equidad en el acceso y uso de energía entre la población

- La capacidad para dar acceso a la energía total de la población

México: Posición 43 / 125

3. Sustentabilidad Ambiental

- Lograr un sistema con alta eficiencia energética en la cadena de suministro “oferta/demanda”
- Introducir fuentes renovables y otras fuentes bajas en carbono

En México existen brechas en los tres ejes, especialmente en el acceso a la energía a ciertas zonas del país



OBJETIVOS **DE DESARROLLO SOSTENIBLE**



¿Qué es la transición energética?

La transición energética es el cambio en el uso de los combustibles fósiles tradicionales (carbón, petróleo y gas) para generar la energía, por fuentes más limpias que reduzcan o eliminen las emisiones de carbono (descarbonización).

2022

- **80%** Fósiles
- **10%** Renovables
- **20%** de la energía primaria se destina a generar electricidad
- Plásticos
- Emisiones de GEI
- Alta dependencia energética (OPEP+ vs OCDE)

- Crecimiento económico de 2.5% anual
- Disminución en consumo energético (5-25%)
- Gas natural
- Eficiencia y cambios en hábitos de consumo
- Tecnológica
- Mejoras en la calidad de vida



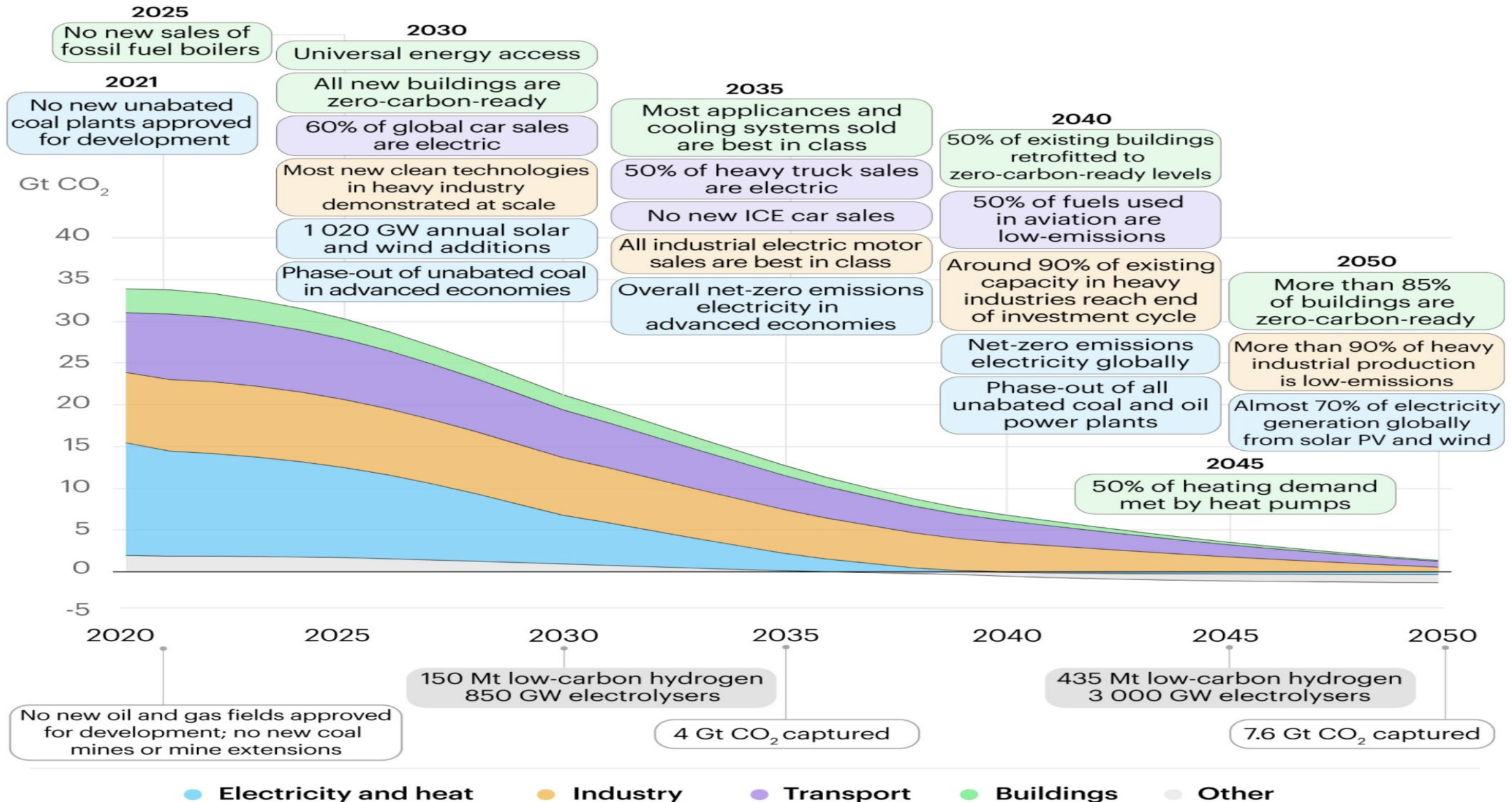
Barreras

- Disponibilidad y Precios de combustibles fósiles
- Dependencia económica

2050

- Fuentes fósiles entre **25% a 35%**
- Renovables entre **55% y 60%**
- La electricidad acaparará de **40% a 50%** de la energía primaria
- Nuevos materiales biodegradables
- Equilibrio en emisiones de GEI
- Redistribución de riqueza
- Independencia energética

El tamaño sí importa: ¿Cuales son los principales hitos?



MÉXICO. Metas de Mitigación

2020-2030

	2013	escenario tendencial			META 2030	NO Condicionada	Condicionada*
		2020	2025	2030			
GEI MtCO ₂ e	665	792	888	973	762	-22%	-36%
Carbono Negro toneladas	125	127	138	152	75	-51%	-70%

* Condicionada a Financiamiento y Transferencia Tecnológica

Fuente: SEMARNAT , 2017

Nuevas metas climáticas de México (COP27, 11.2022)



- Aumento de la meta de reducción de emisiones de 22% a 35% para 2030.
- El elemento central de las medidas basadas en la protección de recursos naturales es el programa Sembrando Vida, el cual contará con un presupuesto de 37 mil 137 millones de pesos en 2023 y busca una mitigación anual de 4 millones de toneladas de dióxido de carbono (MtCO₂) a través de la siembra de 100 millones de árboles en 2023 para una meta final de mil 188 millones.
- Transporte de bajo carbono retoma el Pacto de Glasgow por la electromovilidad, el cual evitará una emisión anual de 30 MtCO₂, lo que implica que para el 2030 el 50% de los vehículos vendidos en el país sean cero emisiones.
- Aumentar la generación de energías renovables durante los próximos 8 años, tales como energía solar, eólica, hidroeléctrica y geotérmica, con el objetivo de llegar a los 40 GW (Gigawatt). Esto implicaría incorporar más de 25 GW de nueva capacidad a la actual matriz energética. Con ello se reduciría la emisión de 52 MtCO₂ al año. Esta meta forma parte de un proyecto en conjunto con Estados Unidos que representa una inversión de 4 mil millones de dólares.

Fuente: SEMARNAT. México anunciará en la COP 27 el incremento de sus ambiciones climáticas.

<https://www.gob.mx/semarnat/prensa/mexico-anunciara-en-la-cop27-el-incremento-de-sus-ambiciones-climaticas>

Consultado el 17 de noviembre de 2022

El IMP en el futuro de la Transición Energética hacia la Descarbonización

Escenario actual

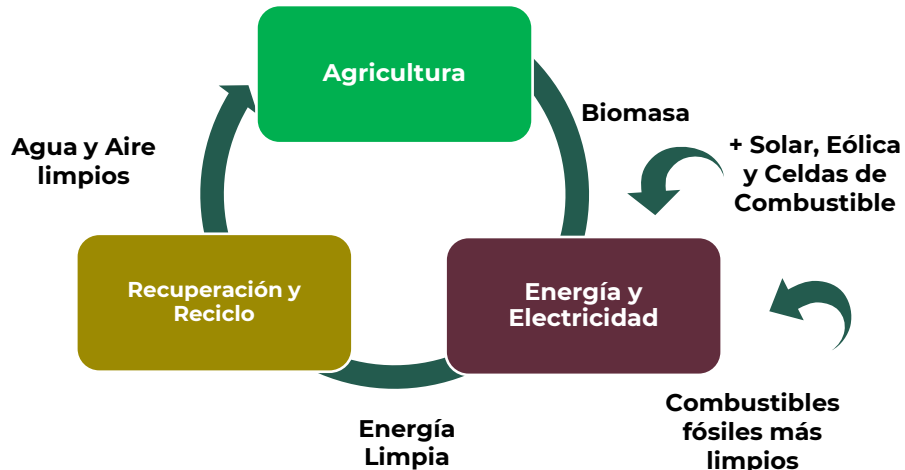
La industria petrolera y petroquímica ha generado dos tipos de productos “no naturales y no cíclicos”:

- **Productos Químicos Sintéticos** (plásticos, hules, fibras)
- **Energía Térmica inducida**, con generación de gases de combustión (CO₂, SO_x, NO_x, etc.)
- **Ambos con desechos efluentes**

... Pero con un enfoque lineal de **un sólo uso y desecho**, que han roto el equilibrio de los **ciclos geobioquímicos**



Que se verá obligada a cambiar hacia un esquema de economía circular (**Cero emisiones, Net Zero**)



Escenario futuro

Corto plazo

Materias primas
Semillas o plantas no comestibles

Largo Plazo

Tecnologías de procesamiento (gasificación, fermentación, etc.) a biocombustibles con uso de energía solar y/o eólica



Fuente de sustitución de gasolina, diesel y turbosina

Fuente de producción de electricidad y/o calor

Energía y Electricidad

Nuevos y mejores sistemas de generación de energía solar y eólica

Tecnologías de procesamiento para producir combustibles más limpios

Sistemas de menor impacto ambiental de producción de combustibles fósiles

Conversión a H2 verde (electrólisis) para vehículos,

Nuevos sistemas de almacenamiento (baterías) de alta capacidad

Producción de Gas Natural (CH₄) a partir de CO₂

Recuperación y Reciclo

Sistemas de alta eficiencia de procesamiento, recuperación y reciclo de efluentes para lograr cero emisiones

Hidrocarburos Fuente de Energía

Ventajas Competitivas

1	Alta Disponibilidad de reservas de Petróleo y Gas Natural	Estimaciones de Reservas por más de 70 años con producción convencional y hasta 200 años con producción no convencional
2	Tecnologías maduras para producción, transformación y Procesamiento del Petróleo	Procesos de refinación de crudo que permiten rendimientos de más de 50% a gasolina, 35% a diésel y eliminación de azufre hasta 10-15 ppm
3	Alta densidad energética	160,000 joules/galón que permite alta autonomía de movimiento de vehículos
4	Propiedades físicas que facilitan el almacenamiento y manejo en gran volumen a condiciones ambiente o cercanas	Temperatura de Inflamación de la gasolina -40 C que le permite la combustión a temperaturas moderadas
5	Propiedades termodinámicas que facilitan la combustión eficiente en máquinas térmicas	Calor de combustión: Gas Natural = 38,128 kJ/m ³ std. Gasolina y Diesel= 5000-6000 (MJ/bbl)
		El tanque de un automóvil típico de gasolina contiene 50 litros de gasolina y puede mover un coche de 1.5 Ton por 600 kilómetros a una velocidad de 100 km/hora. Este alto rendimiento no se puede conseguir con otras fuentes de energía.

Desventajas

1	Emisiones altas en su producción y uso, con alto impacto en la salud y el cambio climático	2	Energía no renovable con finitud de recursos (petróleo y gas)
---	--	---	---

Distribución de las reservas de petróleo y gas en México



SENER
SECRETARÍA DE ENERGÍA

IMP INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO

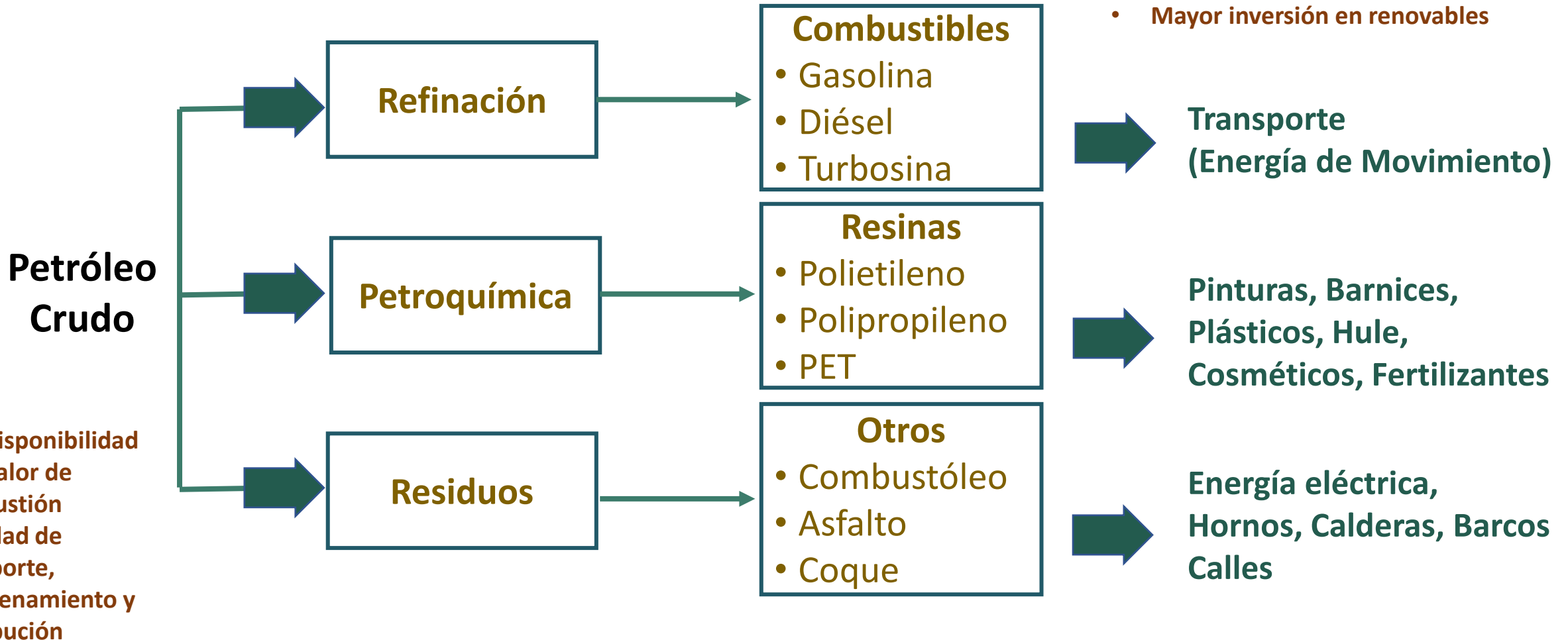


- México entre los **20** países por reservas probadas
- Reservas probadas para **12** años y probables y posibles para **25** años más
- Las Provincias y Cuencas petroleras ocupan aproximadamente **19%** del territorio nacional

Importancia del petróleo

¿Porqué el Petróleo?

El proceso global de transformación y uso del petróleo crudo



LA IDT COMO PIEDRA ANGULAR DEL CAMBIO EN EL IMP ADAPTACIÓN E INNOVACIÓN EN LA INDUSTRIA PETROLERA



SENER
SECRETARÍA DE ENERGÍA

IMP
INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO



Nuevas Energías

Soluciones Científicas disruptivas en una industria en crecimiento

OBJETIVOS:

1. Procesos de producción de energía limpia, masivos y rentables
2. Sistemas eficientes de almacenamiento de energía

Tecnologías IMP Clave

- Combustibles huella cero
- Captura de CO2
- Metanación de CO2
- Estrategias de H2, Amoniaco
- Refinerías huella zero
- Etileno catalítico
- Procesos petroquímicos de baja intensidad

Fuentes no renovables abundantes → Descarbonización



Reducción de la huella de carbono en toda la cadena de valor

Energía Fósil

Soluciones Tecnológicas en una industria madura

OBJETIVOS:

1. Mejor aprovechamiento de los recursos naturales
2. Minimizar el impacto en la producción y uso de combustibles fósiles

Tecnologías IMP Clave

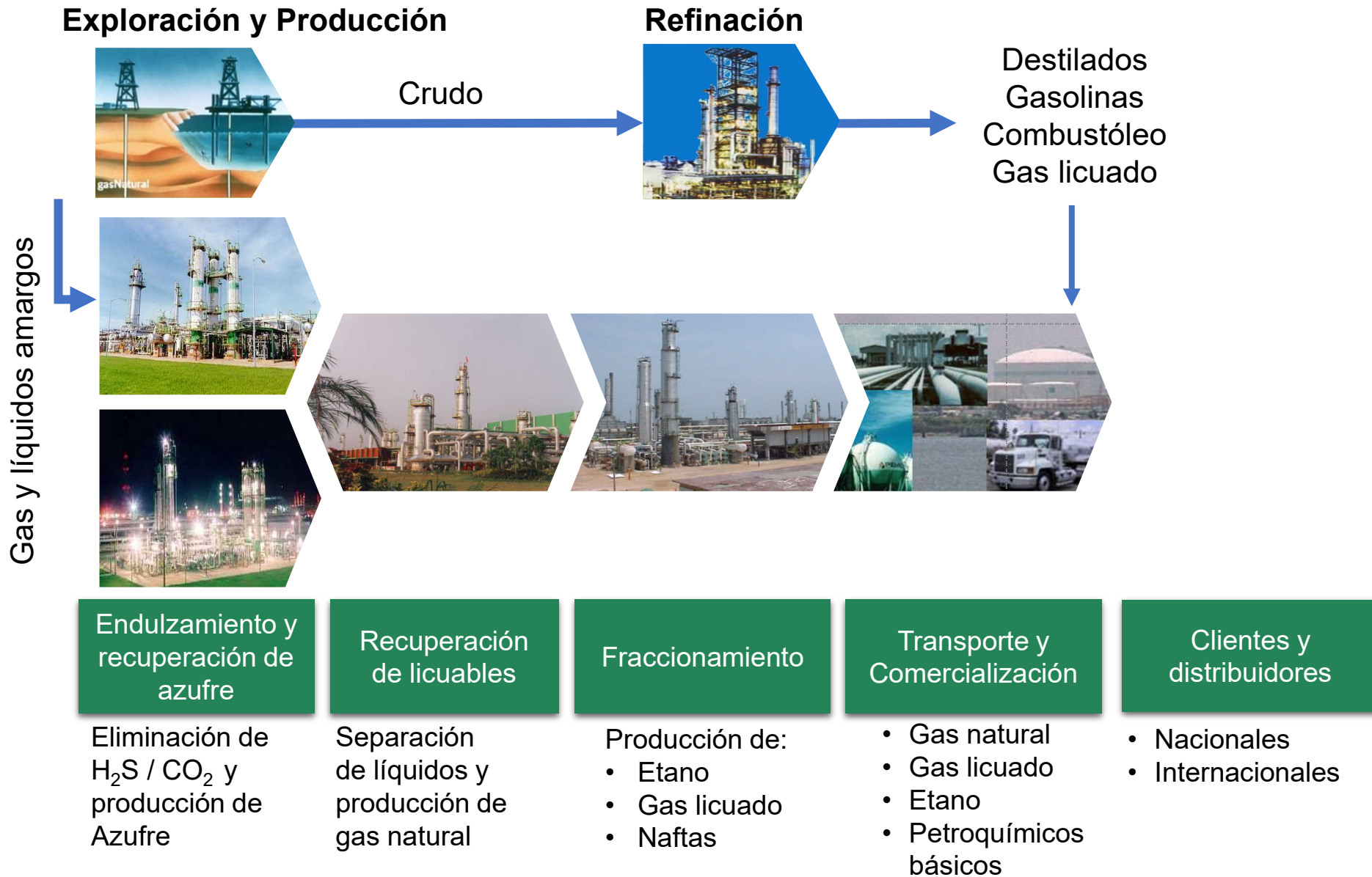
- Reducción del riesgo exploratorio
- Administración integral de yacimientos
- Eficiencia energética en procesos de producción y transformación industrial
- Combustibles limpios
- Catalizadores de alto desempeño
- Control de emisiones

Esquema de procesamiento del Gas Natural

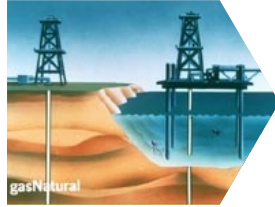


SENER
SECRETARÍA DE ENERGÍA

IMP
INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO



Exploración y Producción



Crudo

Refinación



Destilados
Gasolinas
Combustóleo
Gas licuado

Gas y líquidos amargos



Endulzamiento y recuperación de azufre

Eliminación de H₂S / CO₂ y producción de Azufre

Recuperación de licuables

Separación de líquidos y producción de gas natural

Fraccionamiento

Producción de:

- Etano
- Gas licuado
- Naftas

Transporte y Comercialización

- Gas natural
- Gas licuado
- Etano
- Petroquímicos básicos

Clientes y distribuidores

- Nacionales
- Internacionales

Procesamiento de gas

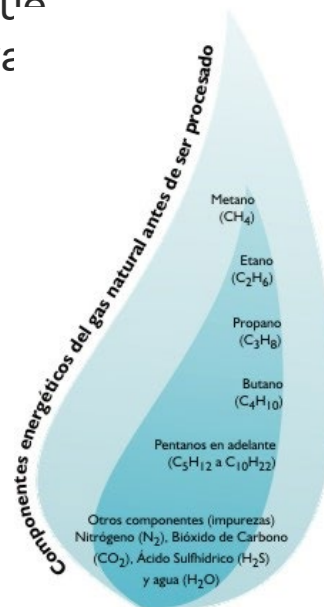
El **Gas Natural (GN)** es un gas combustible que se encuentra en la naturaleza en reservas subterráneas.

Es una de las principales fuentes de energía, y es utilizado en diversos sectores como: eléctrico, industrial y residencial.

En comparación con otros combustibles fósiles es un combustible económico y amigable con el medio ambiente.

Gas asociado: Es el que se extrae junto con el petróleo y contiene grandes cantidades de hidrocarburos, como etano, propano, butano y naftas.

Gas no asociado: Es el que se encuentra en depósitos que no contienen petróleo crudo



Clasificación por origen

Componente	Fórmula	Gas No Asociado	Gas Asociado
Metano	CH ₄	95-98 %	60-80 %
Etano	C ₂ H ₆	1-3 %	10-20 %
Propano	C ₃ H ₈	0.5-1 %	5-12 %
Butano	C ₄ H ₁₀	0.2-0.5 %	2-5 %
Pentano	C ₅ H ₁₂	0.2-0.5 %	1-3 %
Dióxido de carbono	CO ₂	0-8 %	0-8 %
Nitrógeno	N ₂	0-5 %	0-5 %
Ácido sulfhídrico	H ₂ S	0-5 %	0-5 %
Otros	A, He, Ne, Xe	trazas	trazas

Procesamiento de gas

Clasificación por composición

Gas amargo: Contiene derivados del azufre (ácido sulfhídrico, mercaptanos, sulfuros y disulfuros).

Gas dulce: Libre de derivados del azufre, se obtiene generalmente al endulzar el gas amargo utilizando **solventes químicos o físicos, o adsorbentes.**

Gas húmedo: Contiene cantidades importante de hidrocarburos más pesados que el metano, es el gas asociado.

Gas seco: Contiene cantidades menores de otro hidrocarburos, es el gas no asociado.

Denominación Estándar	Gas Dulce Seco	Gas Amargo Seco	Gas Dulce Húmedo	Gas Amargo Húmedo
Componente	<i>Gas No Asociado</i>		<i>Gas Asociado</i>	
Etano	<10%	<10%	>10%	>10%
H ₂ S	<1%	>1%	<1%	>1%
CO ₂	<2%	>2%	<2%	>2%

Norma Oficial Mexicana NOM-001 SECRE-2010



SENER
SECRETARÍA DE ENERGÍA

IMP INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO

El Gas Natural tiene que **procesarse** para poder cumplir con **estándares** de calidad. Éstos son especificados por las compañías de transmisión y distribución, las cuales **varían** dependiendo del diseño del sistema de ductos y de las **necesidades del mercado** que se quiere atender.

NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SECRE-2010, Especificaciones del gas natural

Propiedad	Unidades	Zona Sur			Resto del País
		Hasta el 31 de diciembre de 2010	Del 1 de enero de 2011 al 31 de diciembre de 2012	A partir del 1 de enero de 2013	
Metano (CH4)-Min.	% vol	NA	NA	83,00	84,00
Oxígeno (O2)-Max.	% vol	0,20	0,20	0,20	0,20
Bióxido de Carbono (CO2)-Max.	% vol	3,00	3,00	3,00	3,00
Nitrógeno (N2)-Max.	% vol	9,00	8,00	6,00	4,00
Nitrógeno. Variación máxima diaria	% vol	±1.5	±1.5	±1.5	±1.5
Total de inertes (CO2 y N2)-Max.	%vol	9,00	8,00	6,00	4,00
Etano-Max.	% vol	14,00	12,00	11,00	11,00
Temperatura de rocío de hidrocarburos- Max.	K (°C)	NA	271,15 (-2)(1)	271,15 (-2)	271,15 (-2)
Humedad (H2O)-Max.	mg/m3	110,00	110,00	110,00	110,00
Poder calorífico superior-Min.	MJ/m3	35,30	36,30	36,80	37,30
Poder calorífico superior-Max.	MJ/m3	43,60	43,60	43,60	43,60
Índice Wobbe-Min.	MJ/m3	45,20	46,20	47,30	48,20
Índice Wobbe-Max.	MJ/m3	53,20	53,20	53,20	53,20
Índice Wobbe-Variación máxima diaria	%	±5	±5	±5	±5
Acido sulfhídrico (H2S)-Max.	mg/m3	6,00	6,00	6,00	6,00
Azufre total (S)-Max.	mg/m3	150,00	150,00	150,00	150,00

Índice de Wobbe: Relación del poder calorífico superior con respecto a la raíz cuadrada de la densidad relativa:

$$W = \frac{H_s}{\sqrt{\rho}}$$

Otras características:

El gas natural, en el punto de transferencia de custodia que haya sido acordado entre las partes, debe estar técnicamente **libre de:**

Agua, aceite e hidrocarburos líquidos.

Material sólido, polvos y gomas.

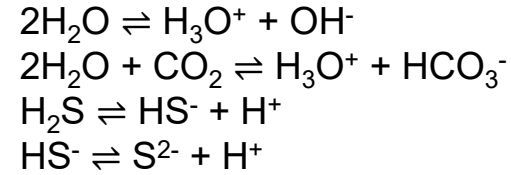
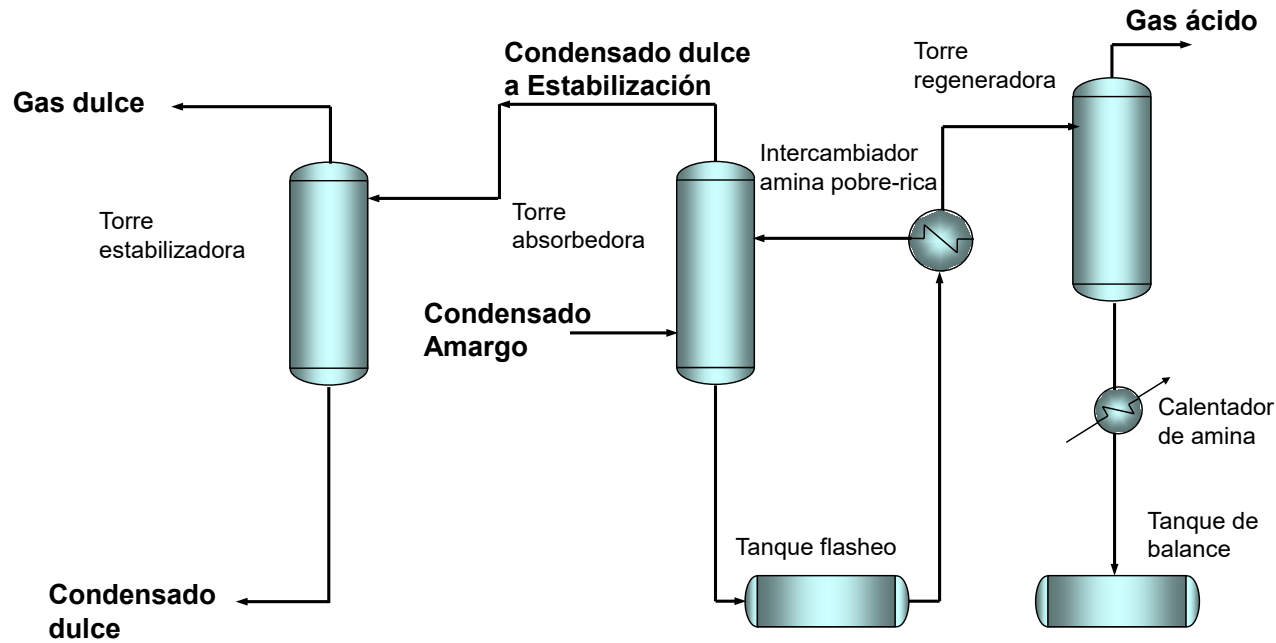
Otros gases que puedan afectar a los sistemas de transporte, almacenamiento y distribución o a los equipos o instalaciones de los usuarios.

Endulzamiento de gas. Disolventes químicos.

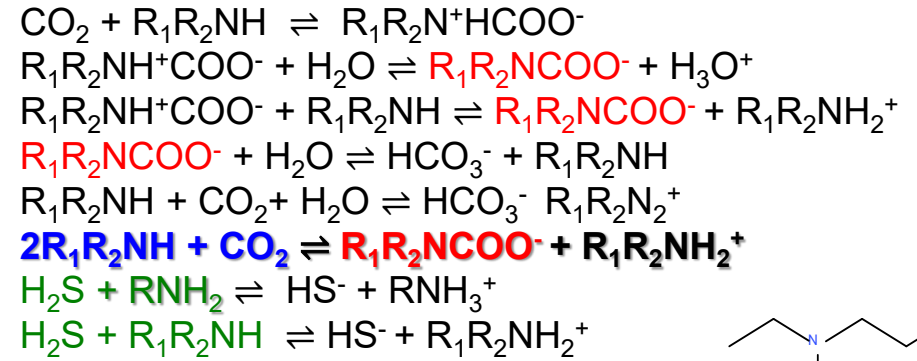


SENER
SECRETARÍA DE ENERGÍA

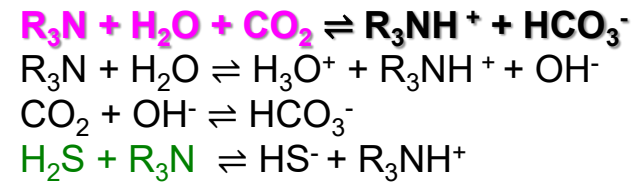
IMP
INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO



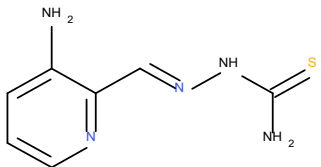
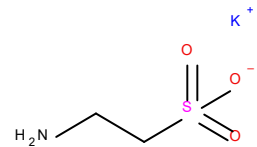
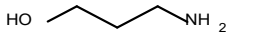
Aminas primarias y secundarias



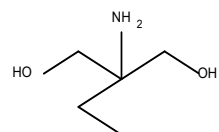
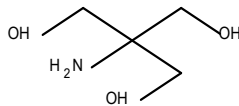
Aminas Terciarias



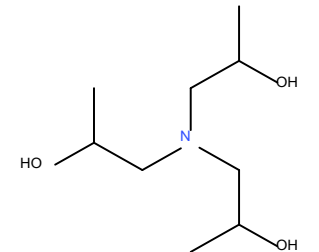
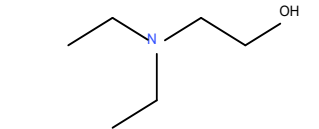
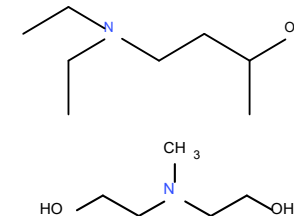
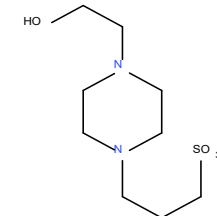
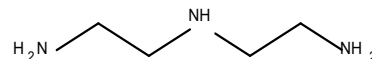
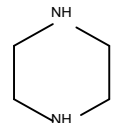
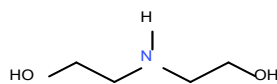
Primarias



Estéricamente limitadas



Secundarias



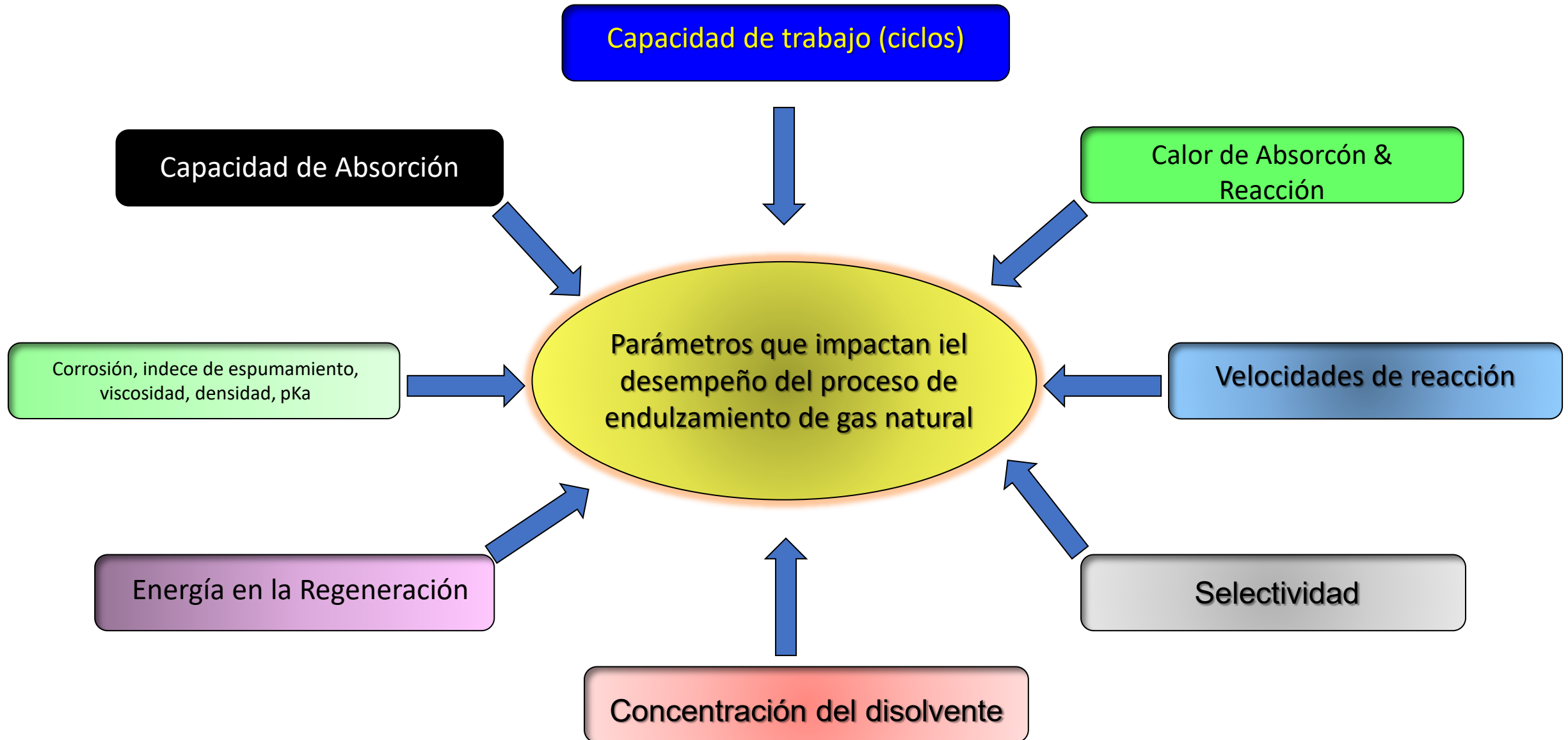
Terciarias

Parámetros de Impacto en el desempeño del endulzamiento de gas natural



SENER
SECRETARÍA DE ENERGÍA

IMP INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO





La aplicación de la Tecnología IMP para el endulzamiento de gas natural incrementa la capacidad de procesamiento de las unidades, mejora la calidad del gas dulce, mantiene estable la operación de las plantas y disminuye el índice energético.

Algunas **características de la Tecnología IMP** que la hacen altamente competitiva son: **Compatibilidad** total con las instalaciones actuales de PEMEX, formulación óptima del disolvente de acuerdo a las condiciones de la corriente a tratar, formulación del disolvente, basada en soluciones acuosas de mezclas de alcanolaminas.

Transformación del CO₂ en Productos Químicos de Alto Valor



SENER
SECRETARÍA DE ENERGÍA

IMP
INSTITUTO
MEXICANO
DEL PETRÓLEO

La necesidad de evitar altas emisiones de CO₂ o dióxido de carbono a la atmósfera por industrias de refinación, petroquímicas, centrales eléctricas, etc., constituye uno de los temas críticos ambientales debido a su impacto en el cambio climático implicado en el efecto invernadero

Procesos

Necesidad de soluciones técnicas de investigación para evitar el incremento del problema del calentamiento global

Almacenamiento

Dificultad para la captación y transporte de CO₂ a un lugar de almacenamiento para su aislamiento de la atmósfera a largo plazo

Calentamiento global

Investigación de procesos económicamente factibles: captura y transformación de CO₂

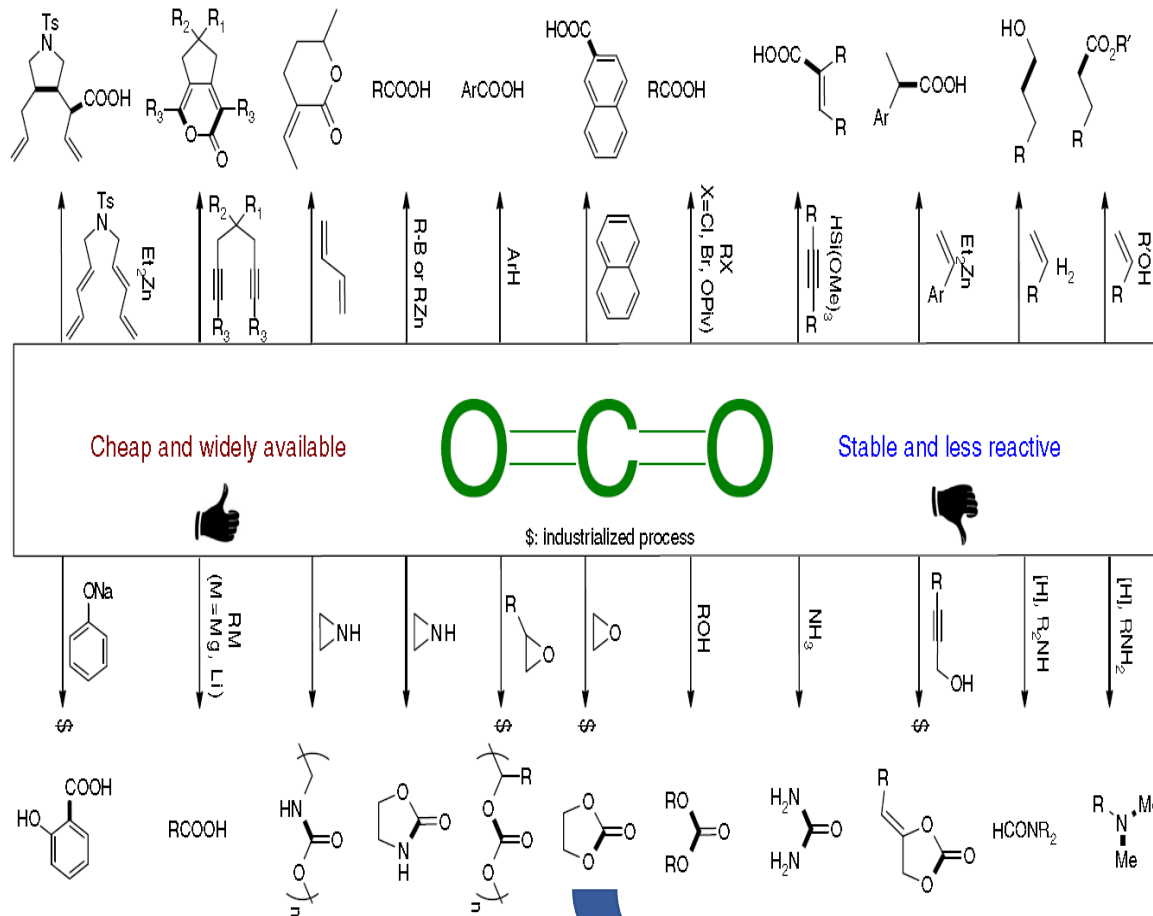
Compromisos

Alcanzar metas de reducción de CO₂

- Naciones Unidas (ONU)
- Protocolo de Kioto,
- Conferencia de las Partes para el Cambio Climático de París, (COP21)

Síntesis de Carbonatos Orgánicos

Reacciones para revalorización del CO2



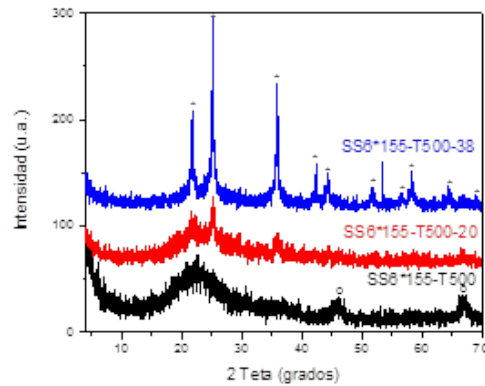
$\text{Epoxide} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Cyclic Carbonate}$

Applications: Cosmetics, Paint Remover (STRIP AWAY), Gasoline Fuel Additives, Laboratory Glassware.

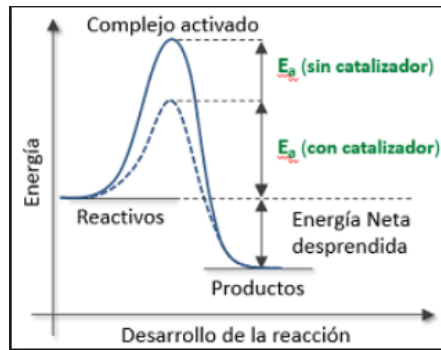
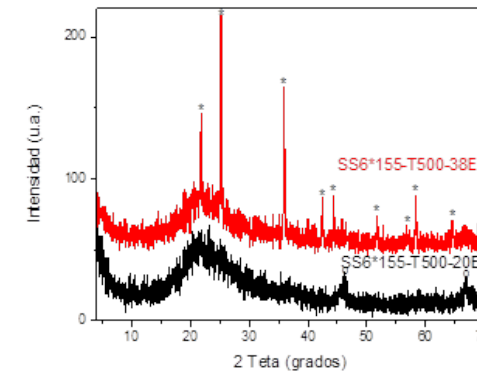
Battery components: Lithium-containing Anode (-ve), Composite Porous Electrode Cathode (+ve), Li_2O_2 , Catalyst, Carbon.

IDT de la transformación de CO₂

Análisis del catalizador por difracción de rayos X

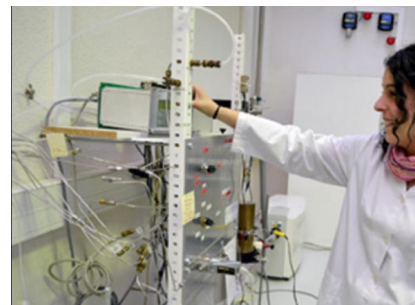


Síntesis y caracterización de catalizadores

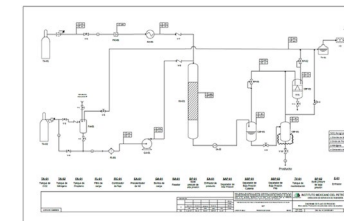


Estudios de cinética de reacción

Planta piloto



Diseño planta piloto



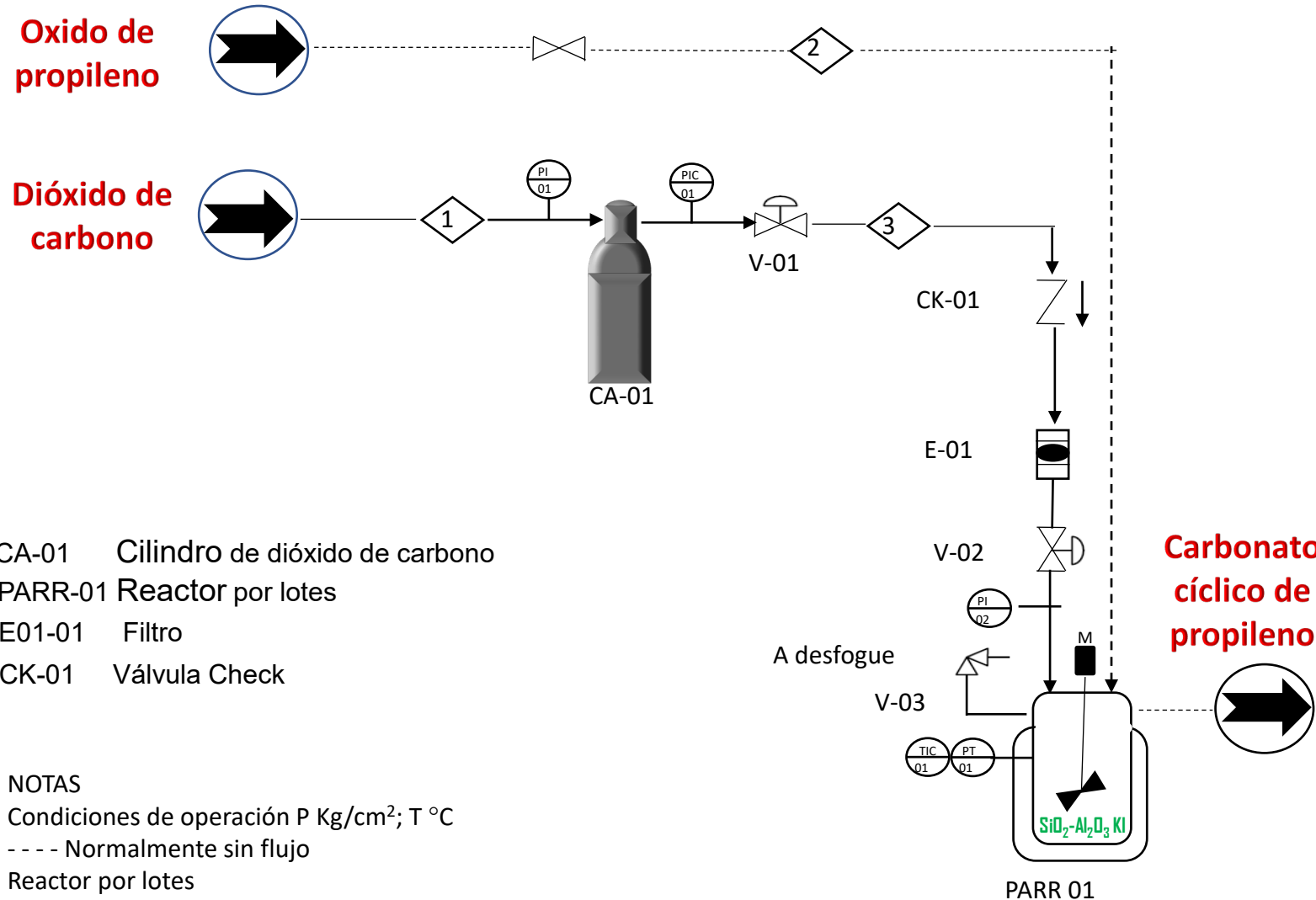
Condiciones de operación óptimas

Sistema de Reacción para la Síntesis de Carbonato Cíclico de Propileno



SENER
SECRETARÍA DE ENERGÍA

IMP INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO



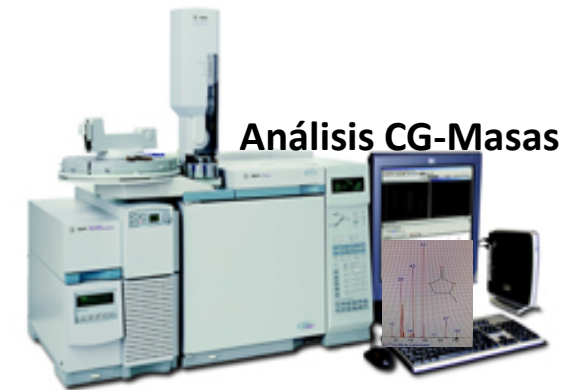
- CA-01 Cilindro de dióxido de carbono
- PARR-01 Reactor por lotes
- E01-01 Filtro
- CK-01 Válvula Check

NOTAS

Condiciones de operación P Kg/cm²; T °C

---- Normalmente sin flujo

Reactor por lotes



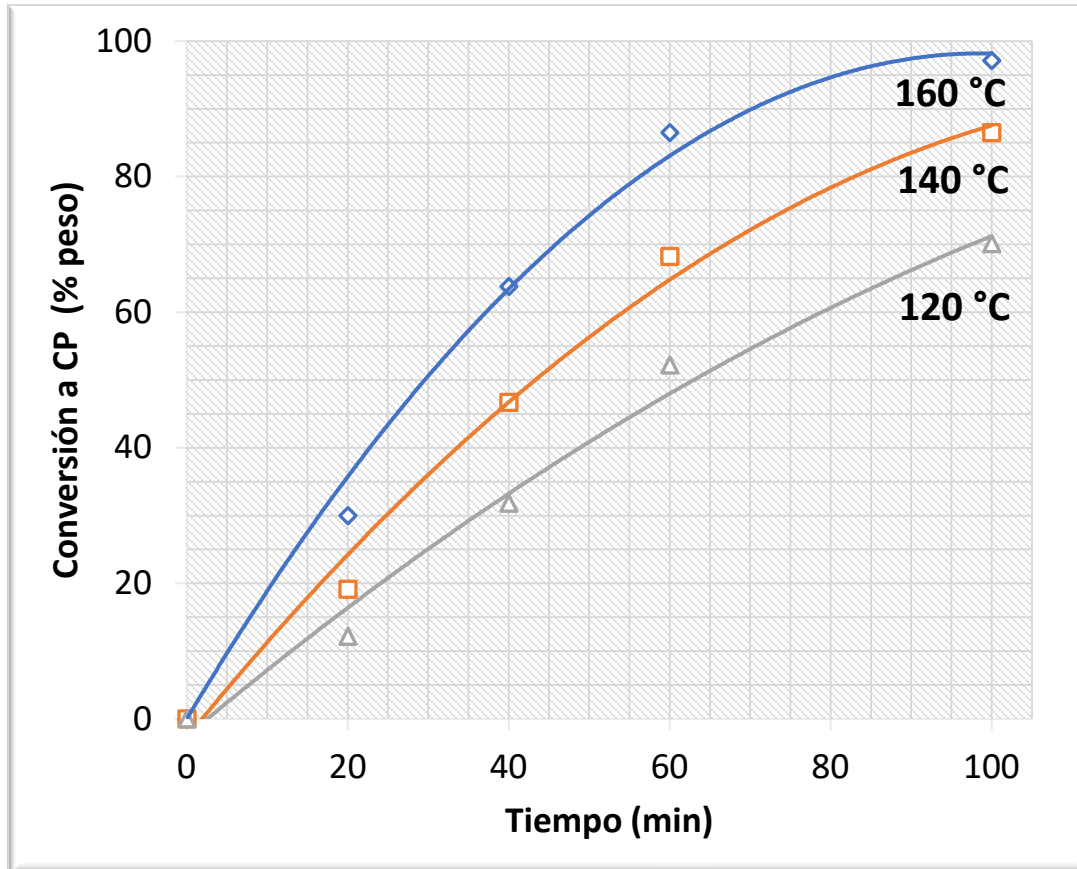
Análisis CG-Masas

Conversión a Carbonato de Propileno



SENER
SECRETARÍA DE ENERGÍA

IMP INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO



Catalizador



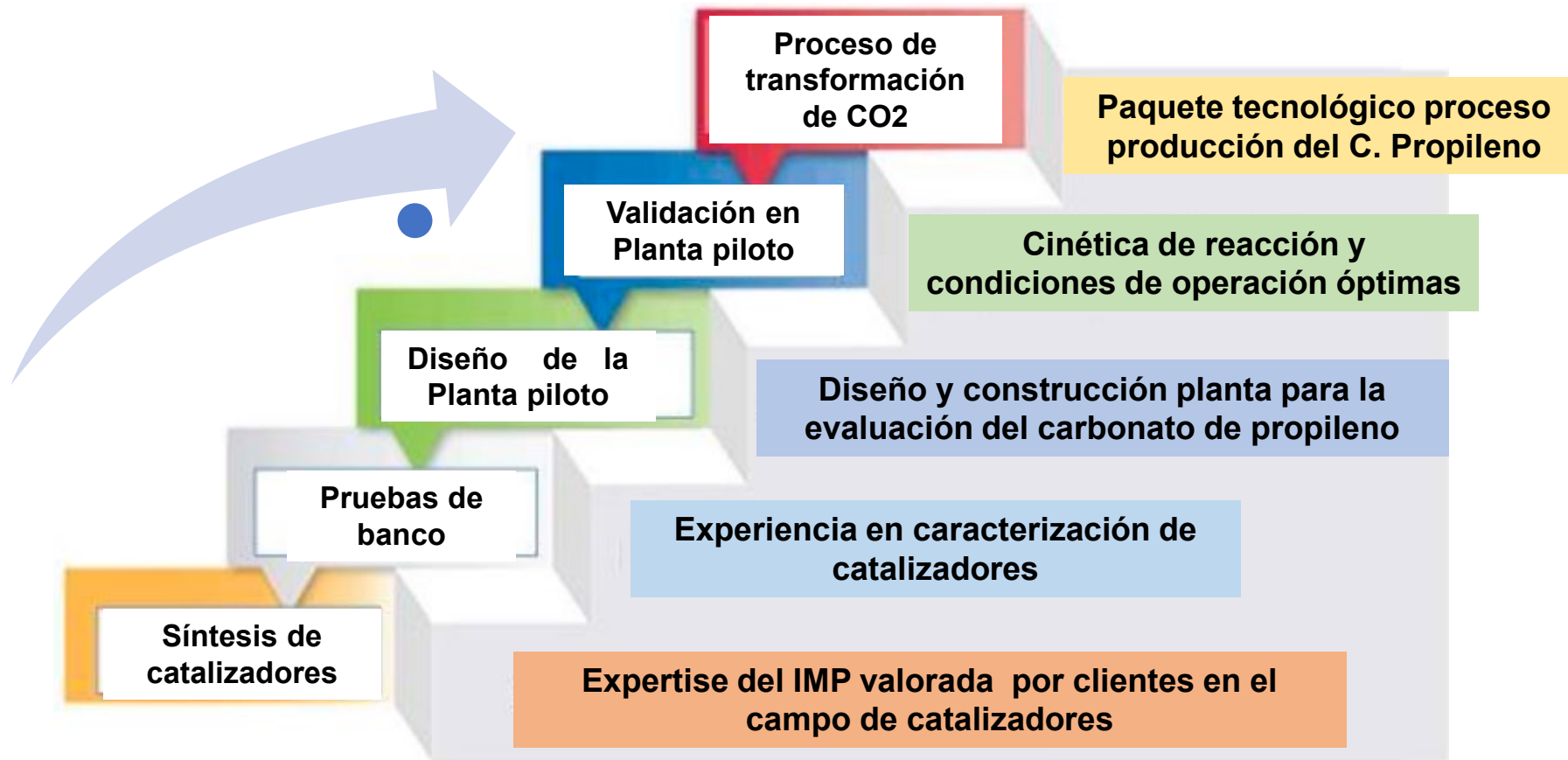
Presión 29Kg/cm ²	Temperatura (°C)		
	120	140	160
Tiempo de Reacción (min)	Conversión a carbonato de propileno (% peso)		
0	0	0	0
20	12.2	19.1	30
40	31.8	46.7	63.8
60	52.2	68.2	86.5
100	70.1	86.5	97.1

$$C_{A0} = 1.1478 \text{ mol/l}$$

$$C_{B0} = 1.8840 \text{ mol/l}$$

$$M = 0.6092$$

Desarrollo de investigación y del paquete tecnológico para la transformación del CO₂



Proceso para la cicloadición del CO₂ con óxido de propileno para la producción de carbonato cíclico de propileno (CP)



- Realizar IDT innovadora sobre el uso eficiente de la energía y la sustentabilidad de la industria del sector hidrocarburos, para conseguir procesos eficientes con menor impacto ambiental.

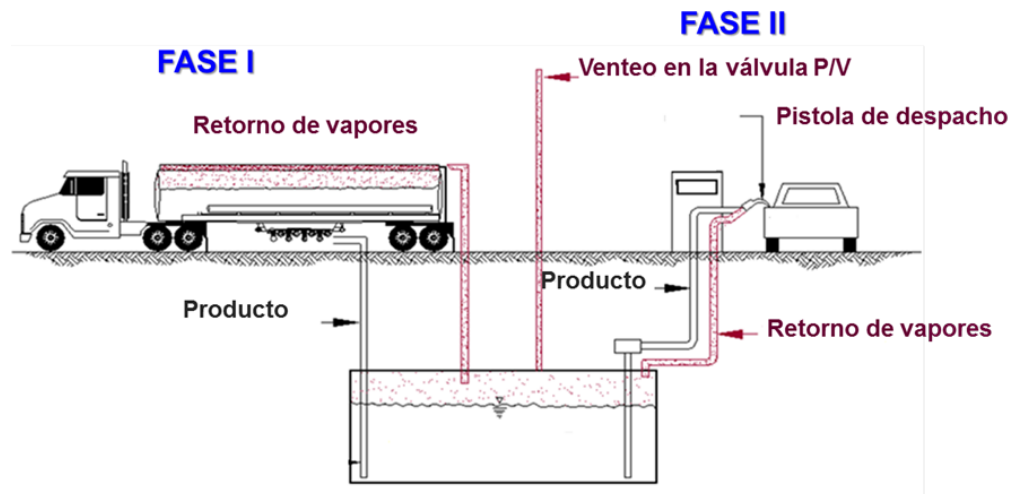
Análisis del control de emisiones en la cadena de distribución de gasolinas en la región de la Megalópolis



SENER
SECRETARÍA DE ENERGÍA

IMP
INSTITUTO
MEXICANO
DEL PETRÓLEO

- Análisis del **desempeño de los SRV** en estaciones de servicio.
- Base de datos de las estaciones de servicio normadas por la NOM-004-ASEA-2017, identificación de la tecnología instalada para el control de compuestos orgánicos volátiles (COV), identificación de las condiciones en las que se genera la mayor emisión, grado de cumplimiento y mapa dinámico de geolocalización.
- **Revisión de la NOM-005-ASEA-2016 y la NOM-006-ASEA-2017** para identificar las oportunidades de mejora, e identificar los parámetros de operación y los métodos de prueba para la Fase I. Así como, la regulación de emisiones de COV en instalaciones terrestres de almacenamiento de petrolíferos, para la Fase 0.



La información estadística del desempeño de los SRV permitió identificar las acciones para **mejorar su eficiencia**.

La CAME y la ASEA cuentan con información actualizada y validada para sustentar la **política de prevención y control** de las emisiones contaminantes a la atmósfera así como para mejorar la **vigilancia** en la cadena de suministro de gasolinas.

Emisiones contaminantes a la atmósfera



SENER
SECRETARÍA DE ENERGÍA

IMP INSTITUTO
MEXICANO
DEL PETRÓLEO

Autorización de la ASEA para que el IMP realice los dictámenes del *Cumplimiento al Programa de Detección y Reparación de Fugas* establecido en las *Disposiciones Administrativas de Carácter General* que establecen los lineamientos para la *Prevención y el Control Integral de las Emisiones de Metano del Sector de Hidrocarburos*.



Se realizan **actividades de campo para la detección y medición de fugas de metano** en nueve plataformas, para dar cumplimiento a lo establecido en el “*Capítulo XI del Programa de Detección y Reparación de Fugas*” de las DACG, para las instalaciones del Activo de Producción Cantarell y Ek-Balam, así como en 66 instalaciones de la Región Sur y 26 instalaciones (incluyendo la T.M. Dos Bocas) de la Región Marina Suroeste de Pemex Exploración y Producción.

Metodología para estimación de flujo de gases de desfogue y selección de tecnologías para su recuperación



SENER
SECRETARÍA DE ENERGÍA

IMP
INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO

- Desarrollar una metodología para la **estimación del flujo de gases de desfogue y para la selección de tecnologías de recuperación de gases.**
- Validación del método el cual se basará en fotogramas y lecturas de radiación infrarroja de la flama para determinar de manera indirecta el flujo de gases desfogados.
- Se dispone de **equipo de espectroscopía de absorción óptica diferencial** con el que pueden realizar estimaciones de **flujo volumétrico** en corrientes que contienen azufre.



- Solución a la problemática de **no conocer el flujo de gases desfogados y de no tener una herramienta integral de selección de tecnologías para recuperar gases** viable económicamente.
- **Beneficios: reducir el gas de flaring, reducción de huella de carbono, aprovechar la materia prima y energía en el proceso, mejorar la eficiencia operativa, disminuir los costos operativos, mejorar el índice de intensidad energética, disminuir emisiones de GEI.**
- **No existe software comercial** ni una metodología específica para desarrollar la ingeniería de la recuperación de gases de desfogue.
- **Mejorar la eficiencia energética de las instalaciones.**
- Generar **estrategias de recuperación de gases de desfogue** mediante tecnología de vanguardia.



Evaluación integral de la calidad del aire a escala cuenca atmosférica



La determinación de una **línea base por cuenca** permitirá evaluar el efecto de las **estrategias de control** de emisiones atmosféricas y evaluar la presencia de otras fuentes ubicadas en la región.

Propuestas:

- Análisis e interpretación de los resultados de la red de monitoreo y muestreo de partículas
- Monitoreo de **calidad del aire a nivel regional, considerando contaminantes normados y no convencionales que incluyen meteorología en superficie y en la vertical.**
- Medición de la extensión real de la **pluma de emisión global SO₂ en la región con sistema óptico.**
- Muestreo y **análisis químico de las partículas finas, así como de compuestos orgánicos volátiles.**
- **Modelación de la calidad del aire y evaluación de diferentes escenarios de emisión.**
- Determinación de la **huella química atmosférica** (gases y partículas finas).
- Análisis del **campo de vientos y nivel de exportación/importación de emisiones** contaminantes.



Torre de Flujo: IMP-CH4Flux

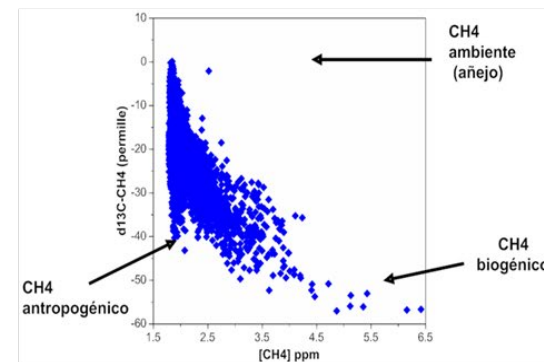


SENER
SECRETARÍA DE ENERGÍA

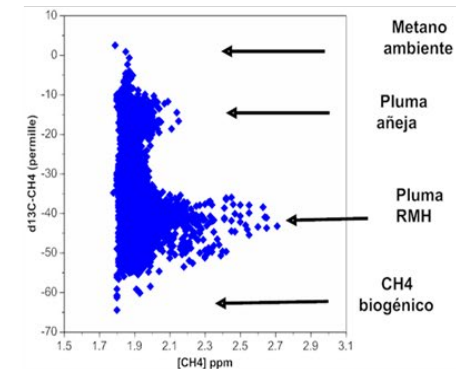
IMP
INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO

Mediciones de concentración de metano y su huella isotópica con el IMP-CH4Flux en CDMx y Tula, Hgo.

- Medir las emisiones fugitivas de **metano de origen termogénico** con base en mediciones ambientales del transporte turbulento atmosférico de alta frecuencia (10 Hz).
- Integración de la medición de **variables micrometeorológicas de alta frecuencia con registro continuo de metano, isótopos estables de carbono y otras especies químicas asociadas.**
- Discriminar el metano termogénico del biogénico, mediante isótopos estables del carbono.



Ciudad de México
Junio 2016



Amanali
Agosto, 2016

Problemas a resolver

- La gran incertidumbre en la estimación de las emisiones fugitivas de metano **limita conocer el aporte real de metano a las emisiones de gases de efecto invernadero del sector.**
- No se conoce la **línea base de metano** en instalaciones petroleras.

Actividades realizadas

- Identificación de los **grandes emisores de metano.**
- **Cuantificación de la emisión total** de metano en la región.
- Determinación la **línea base de metano.**
- Elaboración del **inventario de emisiones** de metano.

Análisis y optimización de la eficiencia energética



SENER
SECRETARÍA DE ENERGÍA

IMP INSTITUTO
MEXICANO
DEL PETRÓLEO

A partir del análisis de la eficiencia térmica de los equipos de combustión, se ha identificado una **oportunidad para mejorar la eficiencia de combustión, la eficiencia térmica y el índice de intensidad energética**. La mejora de la eficiencia también **permite reducir la emisión de contaminantes, el consumo de combustibles y la reducción de los costos de producción**.

Propuesta:

- Análisis de la **metodología de la Agencia Internacional de la Energía**, identificando requerimientos de información y evaluar el nivel de sensibilidad de los parámetros.
- Trabajo de campo para recopilar **información de la operación de los equipos**.
- Análisis de la información operativa y diagnóstico de la **eficiencia energética y de las emisiones**.
- Desarrollo de modelos matemáticos (**deep learning**) para el control de la combustión, optimización de la eficiencia térmica y reducción de emisiones durante la operación.
- Desarrollo de herramientas computacionales robustas y amigables al usuario (programación de algoritmos, interfaces de operación en ambiente **PC y Apps-Movil**). Internet de la cosas industriales (IoT), digitalización de los procesos, concepto de Digital Twins, Machine Learning; para el control de las emisiones contaminantes y la eficiencia energética
- Aplicación de **pruebas tecnológicas en campo** de los equipos de combustión.
- **Evaluación del desempeño** (determinación de beneficios económicos y ambientales) y lecciones aprendidas, tanto del sistema desarrollado como del efecto del control de eficiencia en la operación.



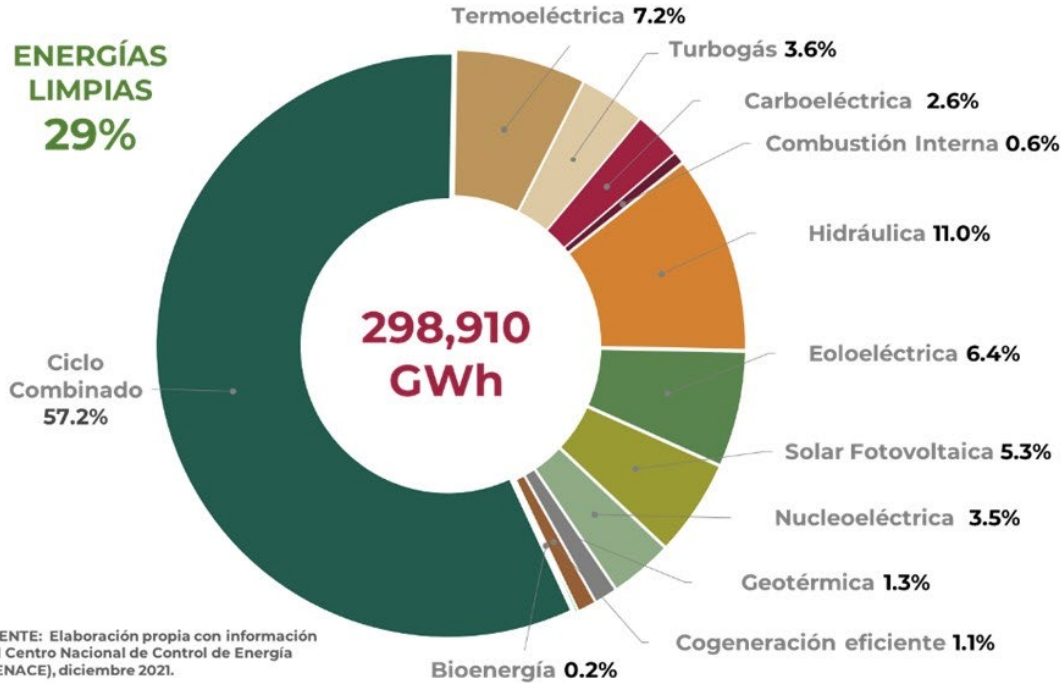
Capacidad de renovables en México



SENER
SECRETARÍA DE ENERGÍA

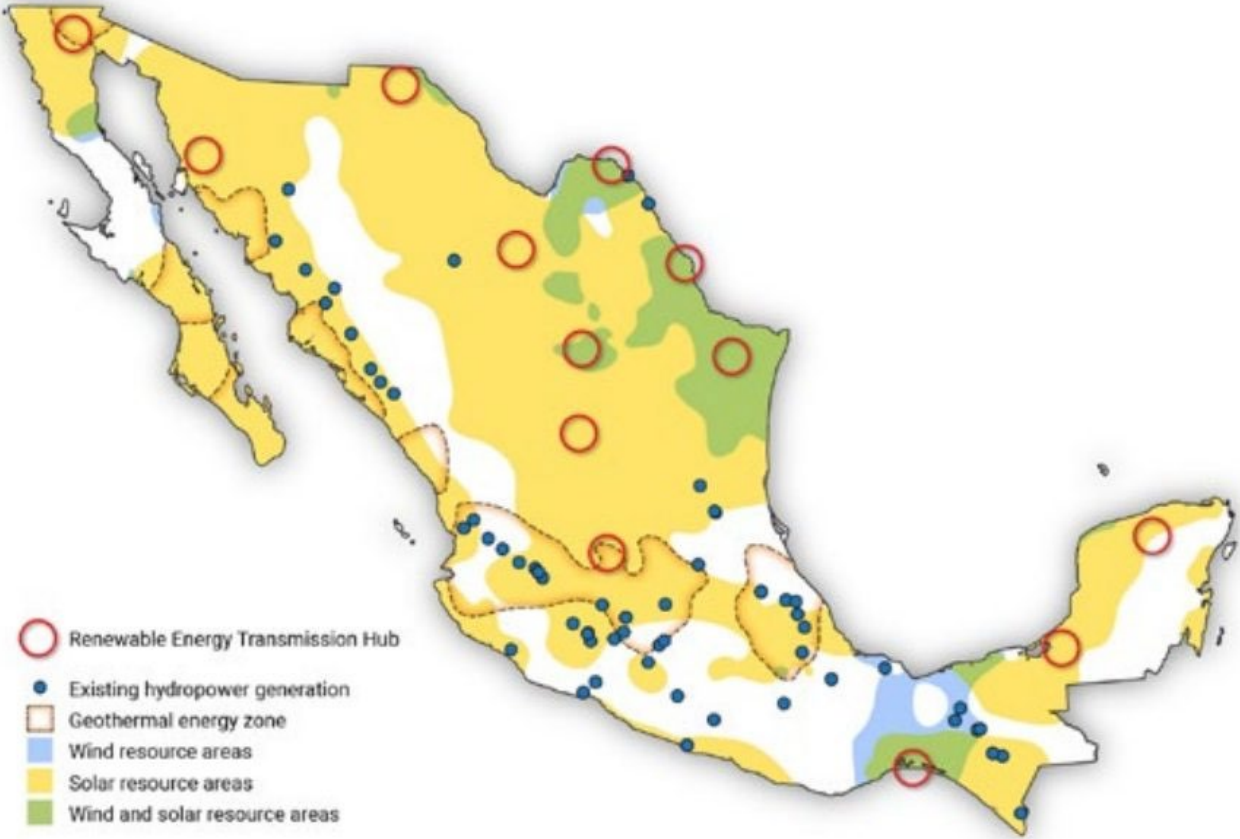
IMP
INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO

GENERACIÓN ELÉCTRICA EN MÉXICO POR FUENTE
(enero-noviembre 2021)



FUENTE: Elaboración propia con información del Centro Nacional de Control de Energía (CENACE), diciembre 2021.

Fuente: Gobierno de México, 2021



Fuente: NREL, USA

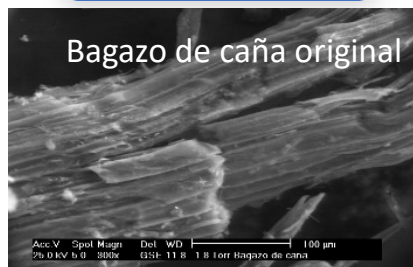
Energías renovables y transición energética



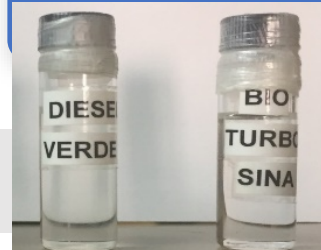
SENER
SECRETARÍA DE ENERGÍA

IMP
INSTITUTO
MEXICANO
DEL PETRÓLEO

Temas



Resultados



Impacto



Diferenciación

- Combustibles alternos
- Generación de potencia eléctrica y térmica verde
- Químicos y materiales de base renovable
- Análisis de ciclo de vida y sustentabilidad de los procesos de transformación de biomasa

- Biotensoactivos para el transporte de petróleo pesado y extrapesado por ducto mediante emulsiones inversas.
- Catalizadores IMP para producir diésel verde, propano verde y bioturbosina (Combustible avanzado de aviación).
- Software IMP Bio2Energy® para el cálculo del costo de la biomasa y la bioenergía eléctrica y/o térmica generada.
- Evaluación técnico-económica de esquemas de producción de biocombustibles y generación de mediana y alta potencia eléctrica y térmica.
- Evaluación del ciclo de vida de sistemas de bioenergía.

- Herramienta para la evaluación de la sostenibilidad de los procesos de producción de biocombustibles y bioenergía
- Interacción con empresas que generan energía para sus procesos a partir de residuos de madera
- Cuantificación de los beneficios socioeconómicos del sistema de bioenergía
- Apoyo al diseño de políticas públicas que apoyen la generación eléctrica a partir de biomasa

- Servicios tecnológicos y de capacitación en materia de energía renovables a los distintos sectores participantes en la transición energética
- Socialización de la biomasa y bioenergía con comunidades y empresas generadoras de energía con base en la biomasa
- Desarrollo de tecnología y servicios integrales ad hoc a la industria petrolera nacional
- Descarbonización de los combustibles fósiles y de la generación de energía.
- Infraestructura y recursos humanos especializados con gran experiencia



SENER
SECRETARÍA DE ENERGÍA

IMP INSTITUTO
MEXICANO
DEL PETRÓLEO

Nuevos Desarrollos



Desarrollo de tecnología para la producción de hidrógeno verde a partir de la disociación del agua.

Objetivo

Desarrollar un reactor electrocatalítico de alta eficiencia, que permita la generación de hidrógeno y amoníaco verdes, a partir de la disociación del agua.

Breve descripción del proyecto

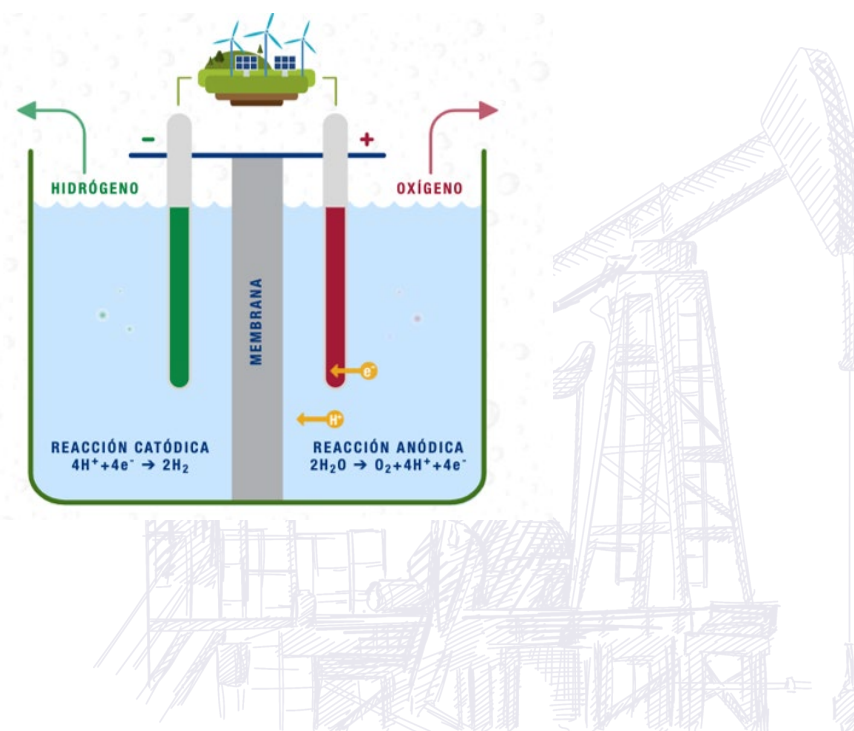
Una tecnología energética sostenible mediante el desarrollo de electrodos de bajo costo que genere hidrógeno y amoníaco a partir de la disociación del agua, vía electrolisis en medios alcalinos.

Alcance

- ✓ Adecuación del sistema de reacción RedOx a la escala laboratorio para realizar la substracción del H₂ del agua.
- ✓ Estudio de las propiedades fisicoquímicas de los materiales para la descomposición selectiva del H₂O en hidrógeno y oxígeno.
- ✓ Lograr alta selectividad (definido por la eficiencia de Farádica) y altas tasas de producción del H₂, mediante un material de electrodo de tipo bifuncional..
- ✓ Elaboración de patente que proteja la propiedad intelectual de una o varias partes del sistema.

Beneficios para el cliente:

- ✓ Disponer de una tecnología disruptiva que permita el almacenamiento del hidrogeno verde en forma de NH₃.
- ✓ Producción de hidrógeno mediante sistemas cero emisiones y que sean sustentables.
- ✓ Producir H₂ verde (cero emisiones de CO₂) para su consumo en procesos de refinación del petróleo.



Desarrollo de catalizador para la transformación de CO₂ en hidrocarburos líquidos.



SENER
SECRETARÍA DE ENERGÍA

IMP
INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO

Objetivo

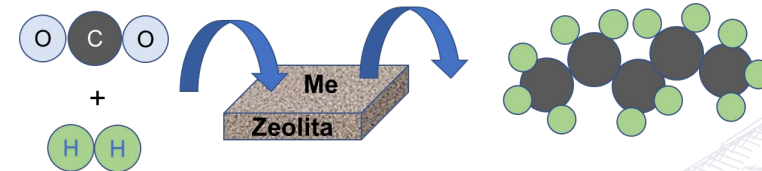
Desarrollar un catalizador para producir gasolina a partir de la hidrogenación de CO₂.

Breve descripción del proyecto

Desarrollo de un catalizador capaz de activar la molécula de CO₂ y transformarlo selectivamente a gasolina.

Alcance

- ✓ Instalar planta a nivel laboratorio, que opere en flujo continuo para la hidrogenación de CO₂ a gasolina.
- ✓ Formulación catalítica capaz de hidrogenar el CO₂ selectivamente a gasolina.
- ✓ Metodología de preparación de materiales catalíticos para la transformación de CO₂ a gasolina.
- ✓ Elaboración de patente que proteja la formulación y uso del catalizador.



Beneficios para el cliente:

- ✓ Contar con un proceso alternativo sustentable para la producción de gasolina.
- ✓ Contribuir a la reducción de emisiones de CO₂, mediante su uso como materia prima para la producción de combustibles líquidos.
- ✓ Disponer de una materia prima sustentable para la obtención de combustibles líquidos.
- ✓ Contribuir a los compromisos de México ante la COP-21.

Tecnología para separación y purificación de gas natural asociado mediante el proceso de adsorción empleando un material adsorbente propiedad IMP.



SENER
SECRETARÍA DE ENERGÍA

IMP INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO

Objetivo

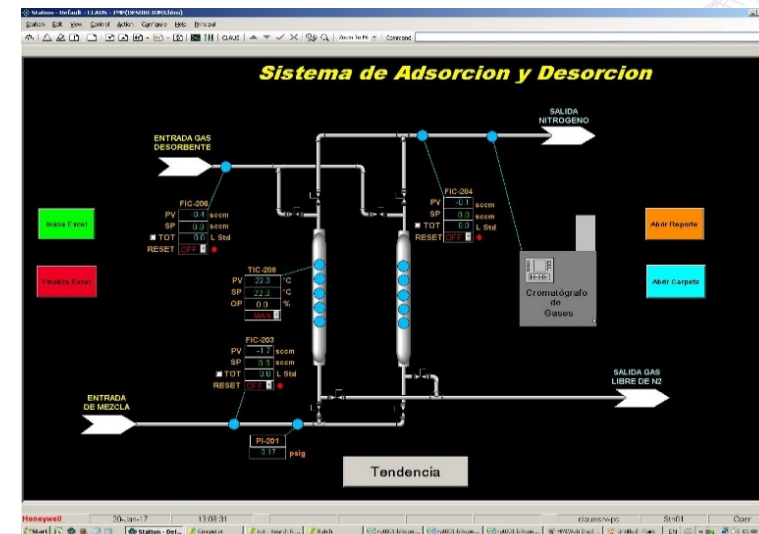
Purificación de corrientes de gas natural asociado mediante la tecnología de adsorción selectiva empleando un material adsorbente desarrollado por el IMP.

Alcances

- Sintetizar un material adsorbente con base en polímeros precursores de la preparación de mallas moleculares y/o carbón activado para la separación y purificación del gas natural asociado que resulte económicamente factible y no genere productos dañinos al medio ambiente.
- Establecer la ventana de operación del proceso mediante pruebas de cromatografía de gas inversa y adsorción/desorción, las cuales determinarán la viabilidad técnico-económica para la tecnología de adsorción
- Generar las bases conceptuales para completar el desarrollo de la tecnología de adsorción/desorción.

Beneficios para la Industria petrolera

- Cumplir con la especificación en la norma para el gas natural (NOM-001-SECRE-2010, Especificaciones del gas natural).
- Contar con la alternativa tecnológica de plantas modulares para separar nitrógeno en corrientes de gas natural asociado en las baterías de separación una vez desarrollado el proceso de adsorción.



Desarrollo de tecnología para la eliminación de la huella de carbono en los procesos de refinación mediante sistemas eléctricos verdes



SENER
SECRETARÍA DE ENERGÍA

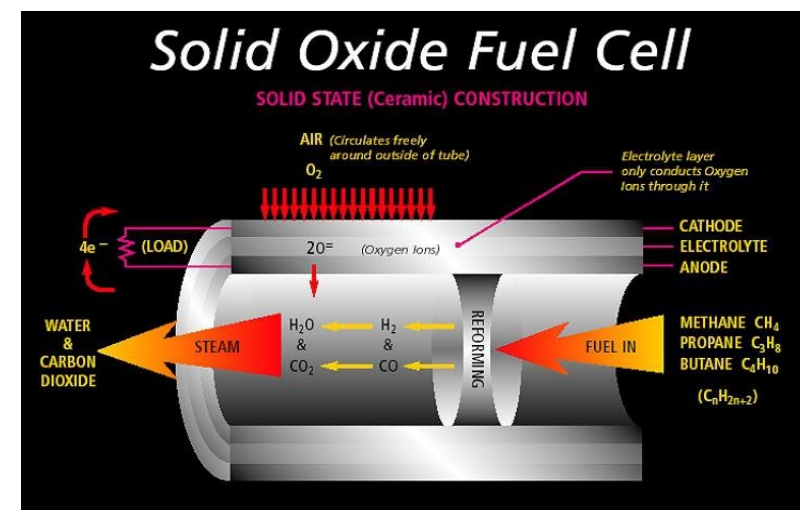
IMP
INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO

Objetivo

Desarrollar un sistema generador de energía eléctrica de alta eficiencia, que permita la eliminación de la huella de carbono en los procesos de refinación, mediante el uso disruptivo de celdas de combustible de óxido sólido.

Alcances

- ✓ Desarrollo de un prototipo de una monocelda de óxido sólido que transforme gas natural en corriente eléctrica.
- ✓ Síntesis de electrocerámicos con funciones catalíticas para la reformación interna del metano.
- ✓ Estudiar las propiedades fisicoquímicas de los materiales para la descomposición selectiva del gas natural y del oxígeno.
- ✓ Producir calor de alta calidad como subproducto que se puede utilizar para la cogeneración



Beneficios para el cliente:

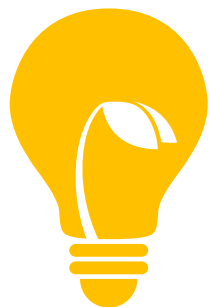
- ✓ Disminución significativa de la huella de carbono (>80%).
- ✓ Flexibilidad en la elección de gas combustible (H₂, hidrocarburos).
- ✓ Construcción sólida y modular ya que no presenta partes móviles, ni metales preciosos involucrados en la fabricación y una expectativa de vida larga de 40 000 a 80 000 h.

El IMP es capaz de liderar la creación de estándares y tecnologías nacionales para transitar hacia una economía cero emisiones



SENER
SECRETARÍA DE ENERGÍA

IMP INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO



ALTAS EMISIONES



BAJAS EMISIONES



CERO EMISIONES

No exhaustivo

- Producción de gasolinas y combustibles limpios.
- Transformación de CO₂ en productos de alto valor agregado.
- Eficiencia energética en procesos industriales.
- Reducción de emisiones de metano a la atmósfera.

- Gas natural como backup de intermitencias en la generación de electricidad con energías renovables.
- Captura, uso y almacenamiento de carbono (CCUs).
- Producción de hidrógeno azul.

- Economía circular (reúso y reciclado de plásticos).
- Producción de biocombustibles y bioproductos.
- Generación, almacenamiento, transporte y uso de hidrógeno verde.
- Integración de energías renovables en procesos industriales.

Conclusiones

El crecimiento en la demanda energética en los próximos años se presentará principalmente en el sector eléctrico y en menor medida en el sector industrial, el crecimiento en el transporte derivado de vehículos de mayor eficiencia, autos híbridos y eléctricos es marginal.

Se espera una mayor participación de fuentes renovables de energía pero continuará la preponderancia del Gas Natural.

El petróleo seguirá siendo en los próximos años el hidrocarburo mas consumido en el mundo y paulatinamente su consumo será igualado por el gas natural debido a los bajos precios de referencia.

Un País que tienda a una soberanía energética deberá implementar un portafolio de alternativas que contemplen el cumplimiento de las metas de la transición energética.

Trabajos Presentados en el Congreso Mexicano del Petróleo 2022 en el tema de transición energética y sustentabilidad

CMP2022_91	Hacia una Región Sur "Zero emisiones"
CMP2022_314	Aprovechamiento de gas con alto porcentaje de nitrógeno en instalaciones costa fuera.
CMP2021_64	Tratamiento de agua en actividades petroleras, opción para el desarrollo sustentable en México
CMP2022_77	Calculos de reducción de intensidad de carbono durante la producción de hidrocarburos a través del sistema de bombeo neumático digital
CMP2022_153	Aplicación del ciclo de vida de seguridad funcional en el centreo de proceso Nohoch-A
CMP2022_390	La incursión de la Evaluación del Impacto Social en el sistema regulatorio energético de México
CMP2022_313	Diseño de indicadores energéticos en el CPG Arenque Aguilar Sandoval José Ignacio (FI-UNAM) Guadalupe Edú González Rocha (PTRI-SPGPB)

Nota: El programa técnico del CMP 2023 ya incluye una sección sobre la Transición Energética.

Gracias
fmurriet@imp.mx