



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

TEMA 1:

EL PETRÓLEO: QUÍMICA Y PRODUCTOS

Prof. José G. Alvarado R.

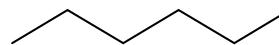
## ¿ QUÉ ES EL PETRÓLEO ?



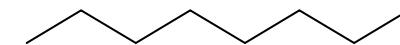
## Mezcla **COMPLEJA** de compuestos orgánicos

C, H, O, N y S

## Alcanos (parafinas) lineales de cadena abierta:

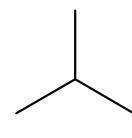


## Hexano

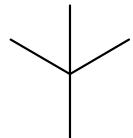


## Octane

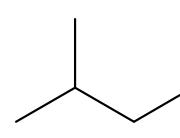
## Alcanos ramificados:



## Isobutano neopentano isopentano



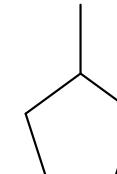
neopen



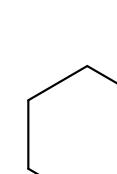
## Naftenos (Cicloparafinas):



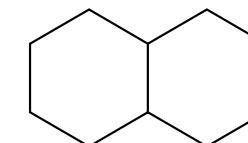
## Ciclopentan



## no Metilciclopentano

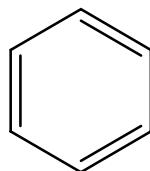


## Ciclohexano

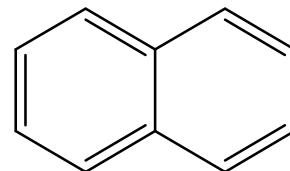


## Decalina

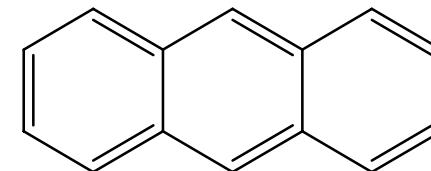
**Aromáticos:**



Benceno

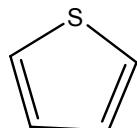


Naftaleno

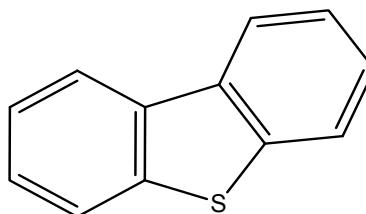


Antraceno

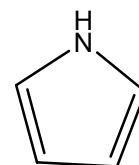
**Compuestos azufrados y nitrogenados:**



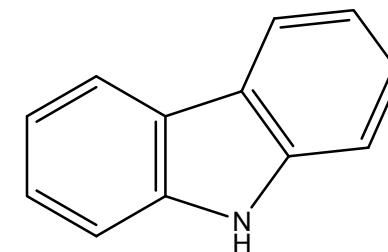
Tiofeno



Dibenzotiofeno



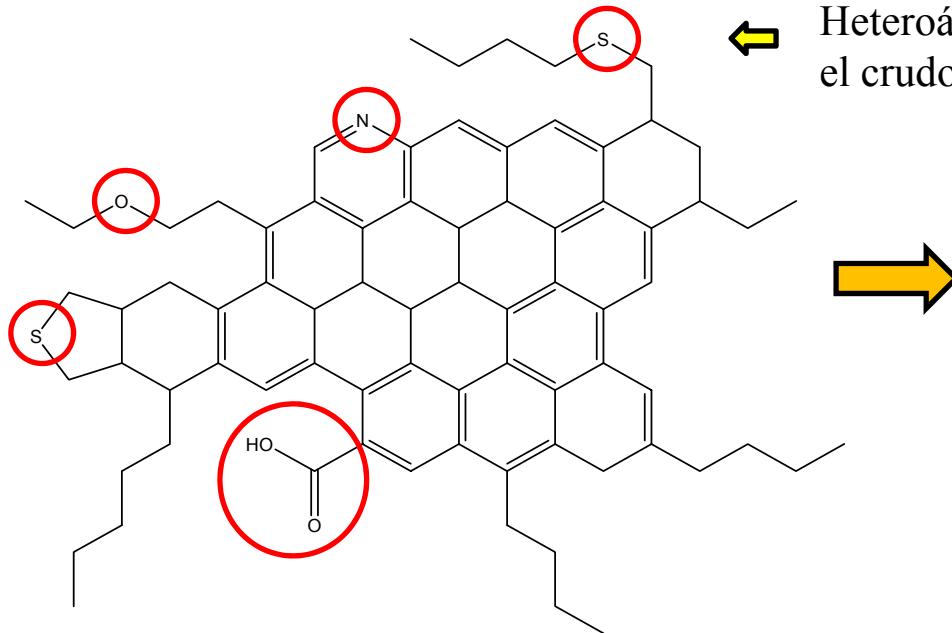
Pirrol



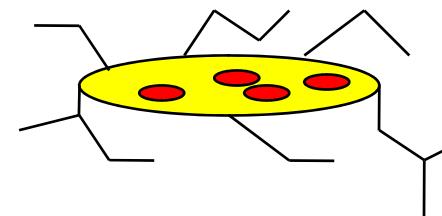
Carbazole

**Asfaltenos:** Compuestos poliaromáticos de alto peso molecular (500-1000 u.m.a)

**H/C = 1-1.2**

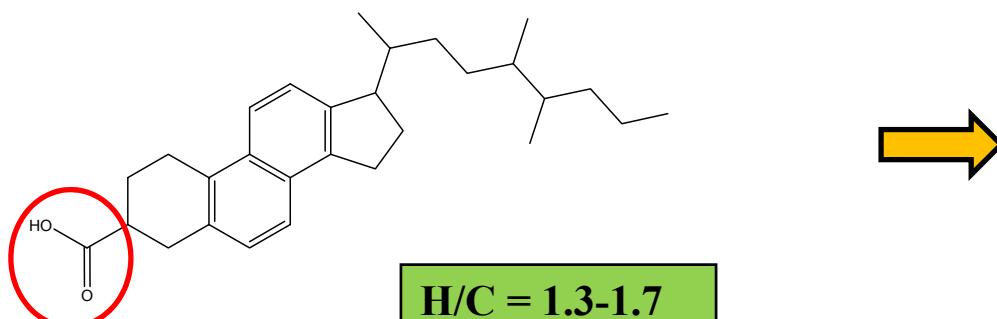


Heteroátomo mas abundante en  
el crudo (0.1- 8 % peso)

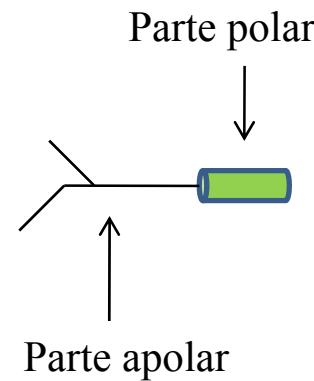


**Molécula de asfalteno  
(modelo de la cucaracha)**

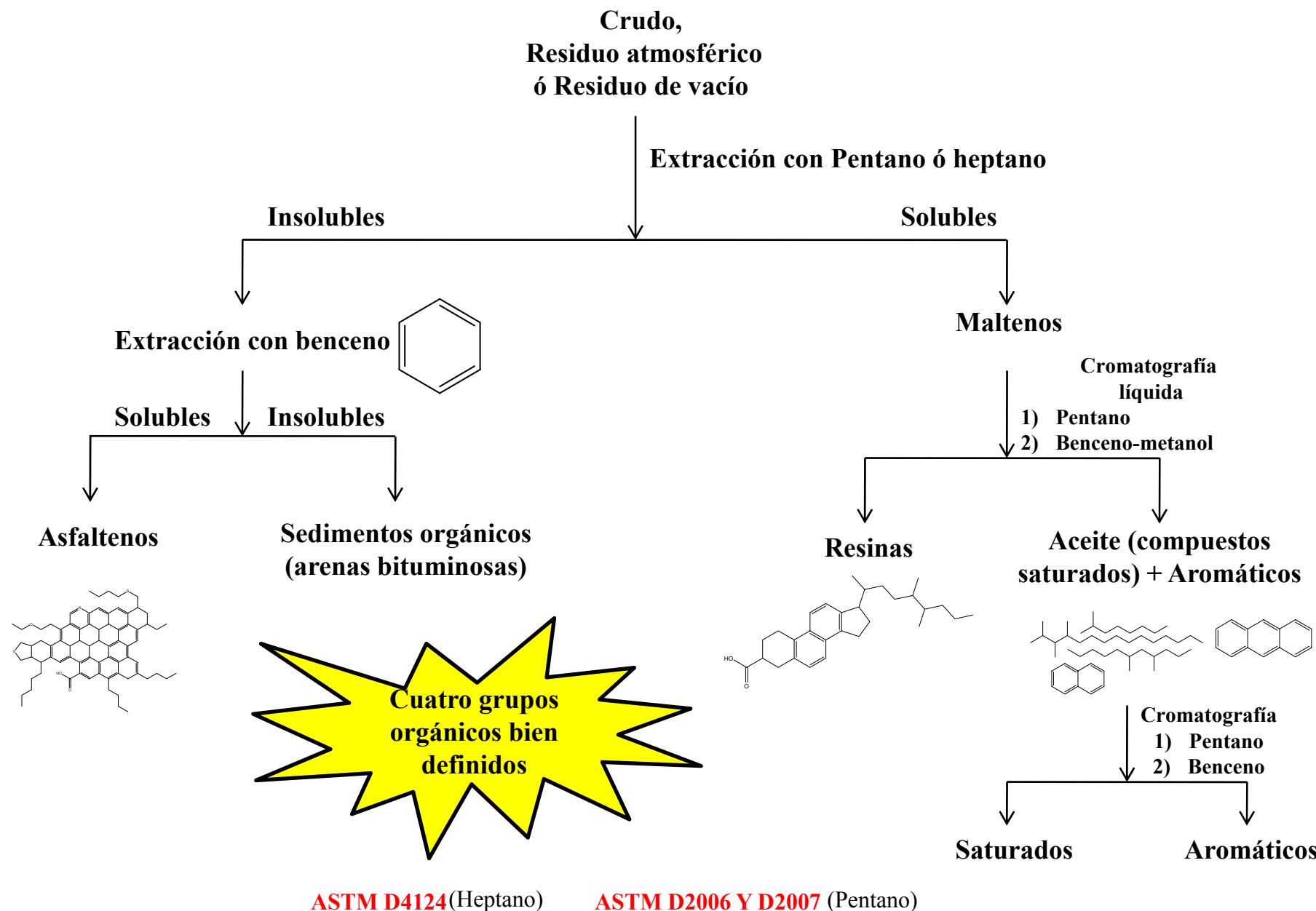
**Resinas:** Compuestos de alto peso molecular pero de menor contenido de aromáticos que asfaltenos



**H/C = 1.3-1.7**



## ANÁLISIS SARA (Saturados, Aromáticos, Resinas, Asfaltenos)

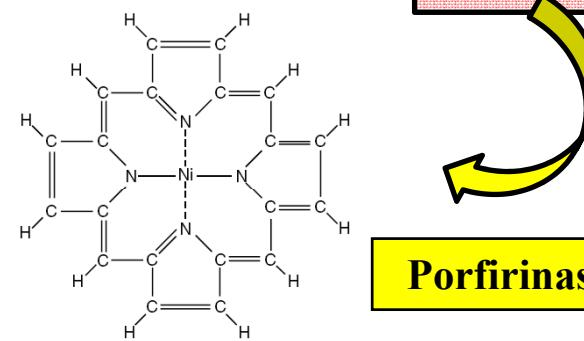


## CONSTITUCIÓN QUÍMICA DE ALGUNOS CRUDOS A NIVEL MUNDIAL

↑ cSt      1 St = 1 cm<sup>2</sup>/s, 1cSt = 0.01 St

Crudo	Origen	Viscosidad (mm <sup>2</sup> /s)	Asfaltenos (% p.)	O (% p.)	N (% p.)	S (% p.)	Ni (ppm)	V (ppm)
Batiraman	Turquía	1.180	22,1	0,53	0,49	7,04	99	153
Boscan	Venezuela	595	14,1	0,79	0,74	5,46	125	1.220
Lacq superior	Francia	81,7	13,2	0,57	0,42	4,94	19	29
Chauvin Source	Canadá	28	6,0	0,48	0,66	2,80	35	67
Bellshill Lake	Canadá	7,9	2,2	0,34	<0,3	1,97	11	18
Esmeralda	Congo	113	1,7	1,10	0,65	0,57	64	9
Anguila	Gabón	14,1	1,2	0,92	0,26	0,82	115	14
Duri	Sumatra	51	0,7	0,65	0,47	<0,10	39	1,5
Pematang	Sumatra	10,2	0,1	0,51	0,26	<0,10	15	0,6
Edjeleh	Argelia	5,3	0,1	0,73	0,34	<0,10	1,5	2,3
Hassi Messaoud	Argelia	2,32	0,1	1,93	0,38	<0,10	<0,2	<0,2

Si % asfaltenos ↑ { μ aumenta  
°API disminuyen  
% S aumenta





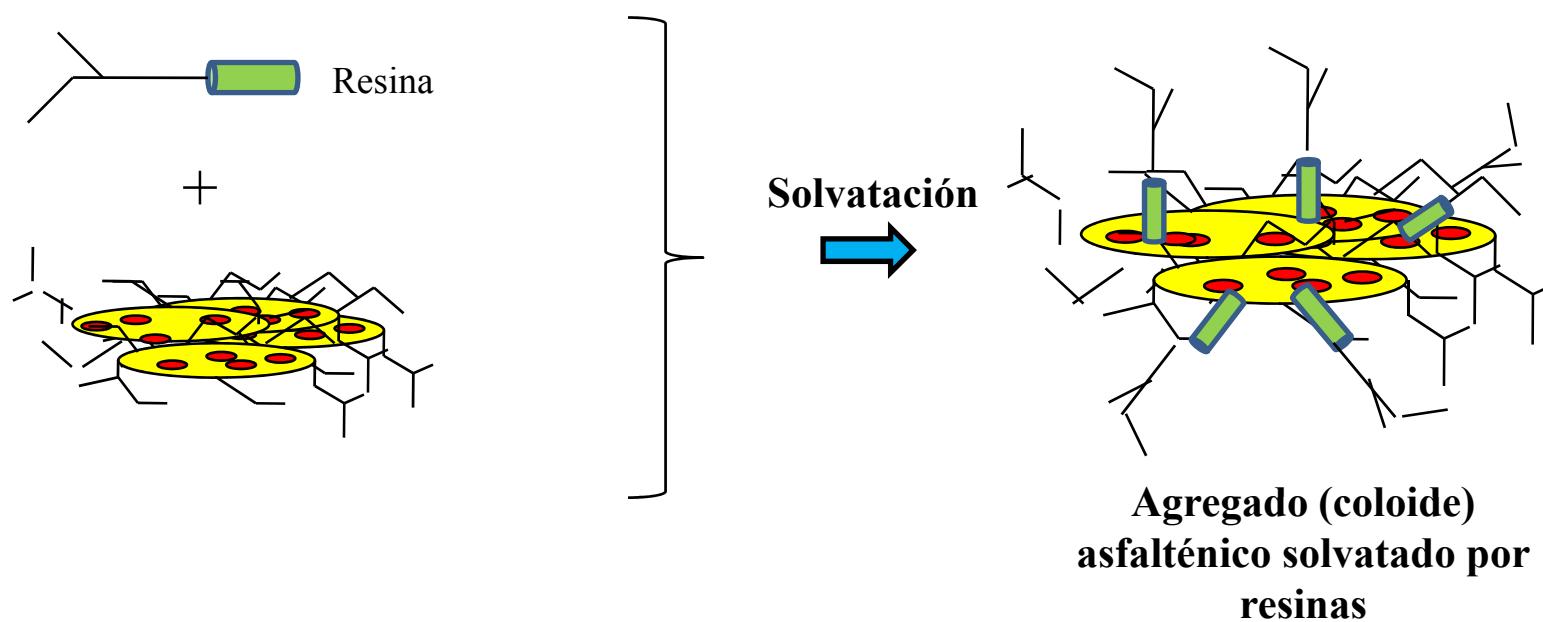
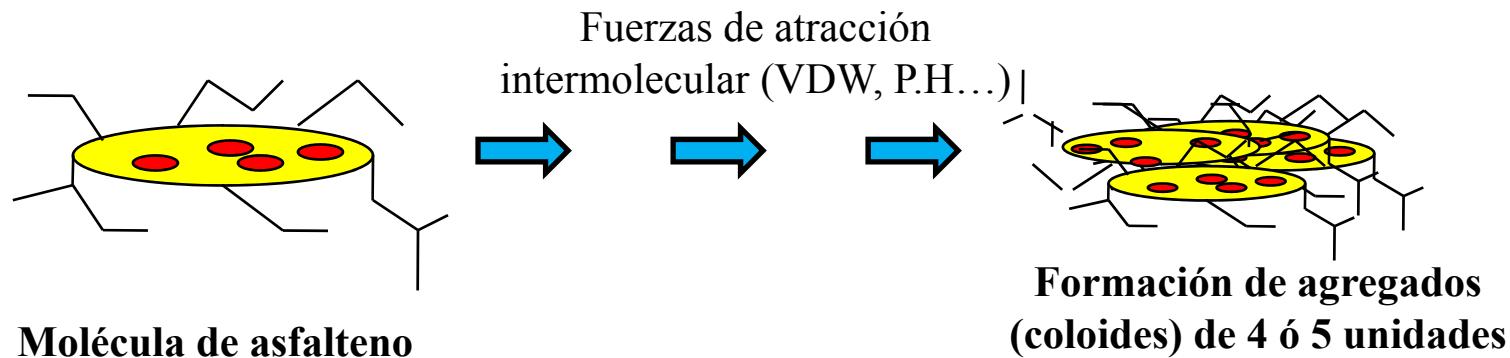
**El problema de los asfaltenos es mucho mas complejo!!!**

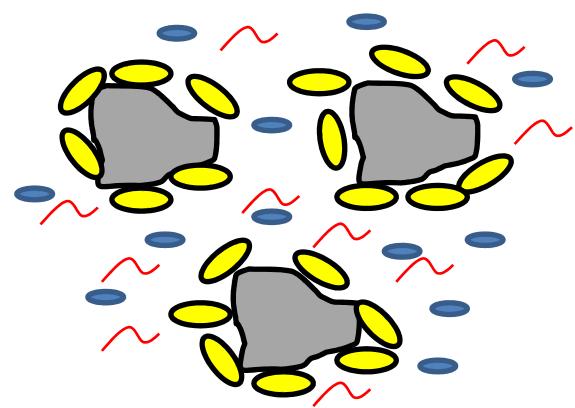


**Formación de PRECIPITADOS ASFALTÉNICOS durante la producción de crudo**



## ¿CÓMO ES LA FENOMENOLOGÍA DE LA PRECIPITACIÓN (DEPOSICIÓN) DE ASFALTENOS?



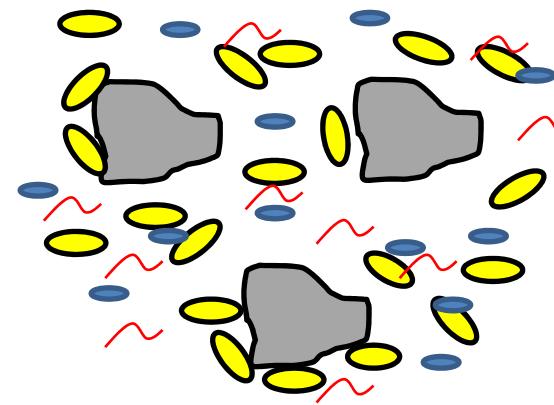


**A) Coloides de asfaltenos solvatados por resinas dispersos en el crudo**

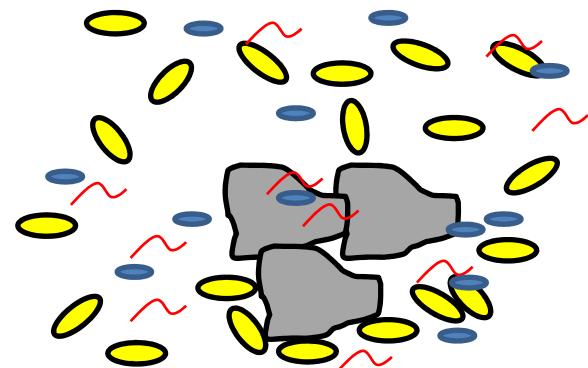
Cambios fisicoquímicos



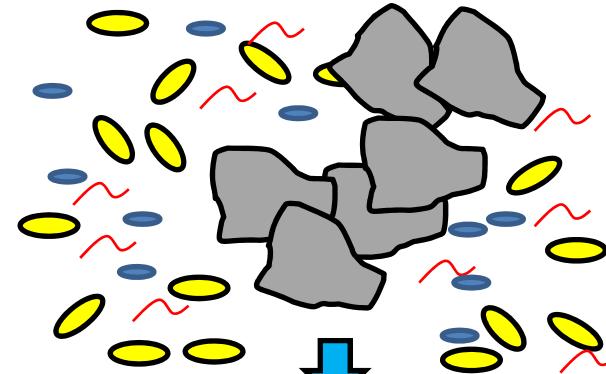
- Resinas
- Asfaltenos
- Parafinas
- Aromáticos



**B) Migración de las resinas hacia el seno del crudo**



**C) Acercamiento de coloides. Formación de flóculos**



**D) Precipitación de asfaltenos**

## ¿Qué variables fisicoquímicas favorecen la precipitación de asfaltenos?



- ✓ **Disminución de la temperatura:** la solubilización de los componentes del crudo disminuye y se promueve la formación de agregados resina-asfalteno de mayor tamaño.
- ✓ **Disminución de la presión (isotermicamente):** Promueve la disminución de la densidad del fluido y por ende de la solubilidad (segregación de fases y disminución de interacciones moleculares).
- ✓ **Composición química del crudo:** Concentración de asfaltenos y resinas. Baja concentración de resinas implica menos solvatación de asfaltenos. También es importante la naturaleza química del crudo (aromático ó parafínico,  $K_{UOP}$ ).

Inherentes al proceso de producción de crudo!!

Inherentes al tipo de crudo!!

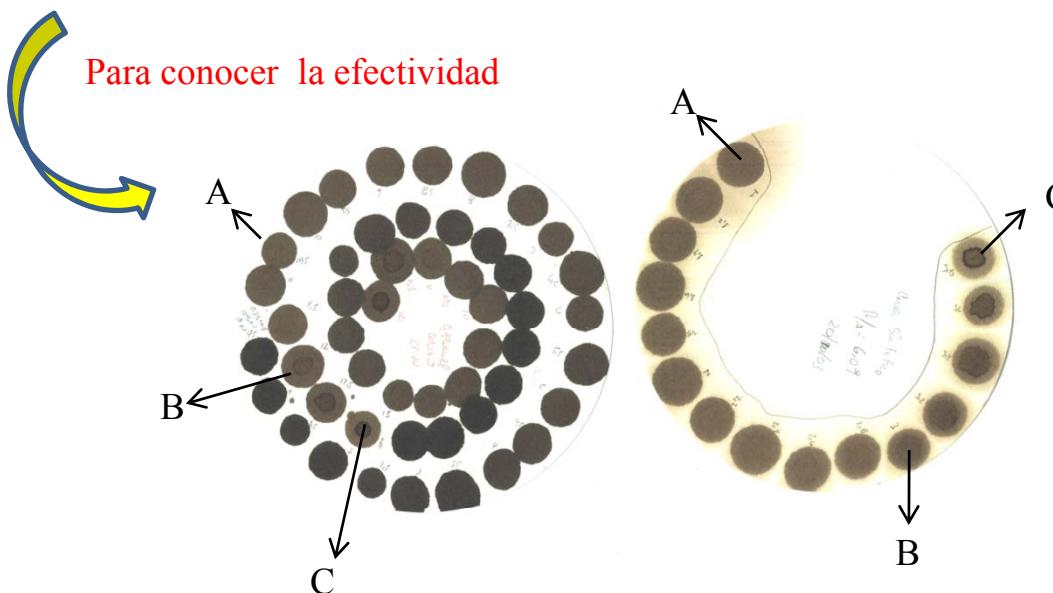


Un crudo con un alto contenido de asfaltenos no necesariamente presentará problemas de precipitación!!!

## ¿Cómo solucionar ó minimizar el problema de precipitación de asfaltenos en un crudo?

Agregar **QUÍMICA DISPERSANTE** a la salida del pozo productor ó en el fondo de pozo

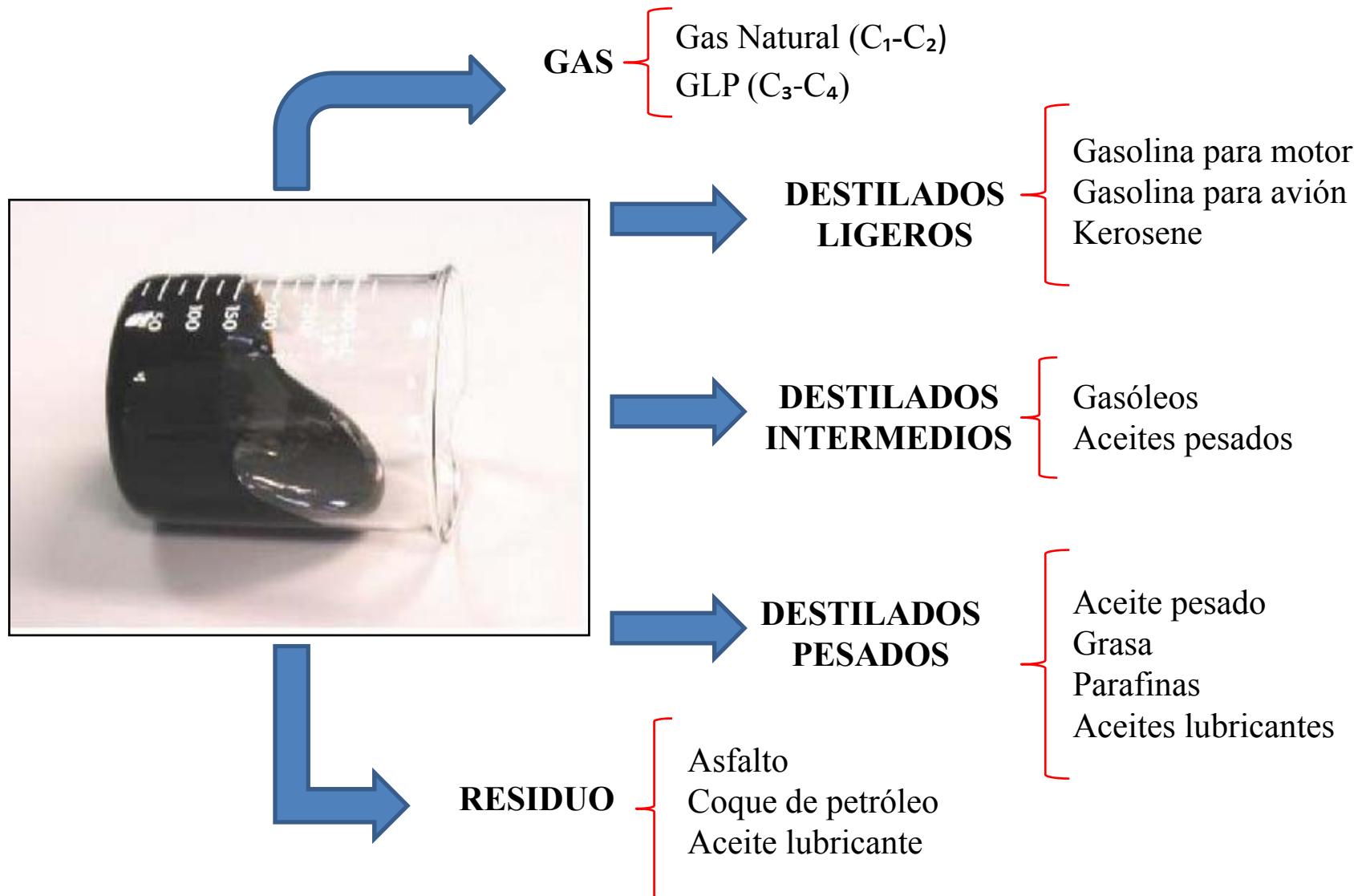
✓ **QUÍMICA DISPERSANTE**: Sustancia química con características estructurales similares a las resinas



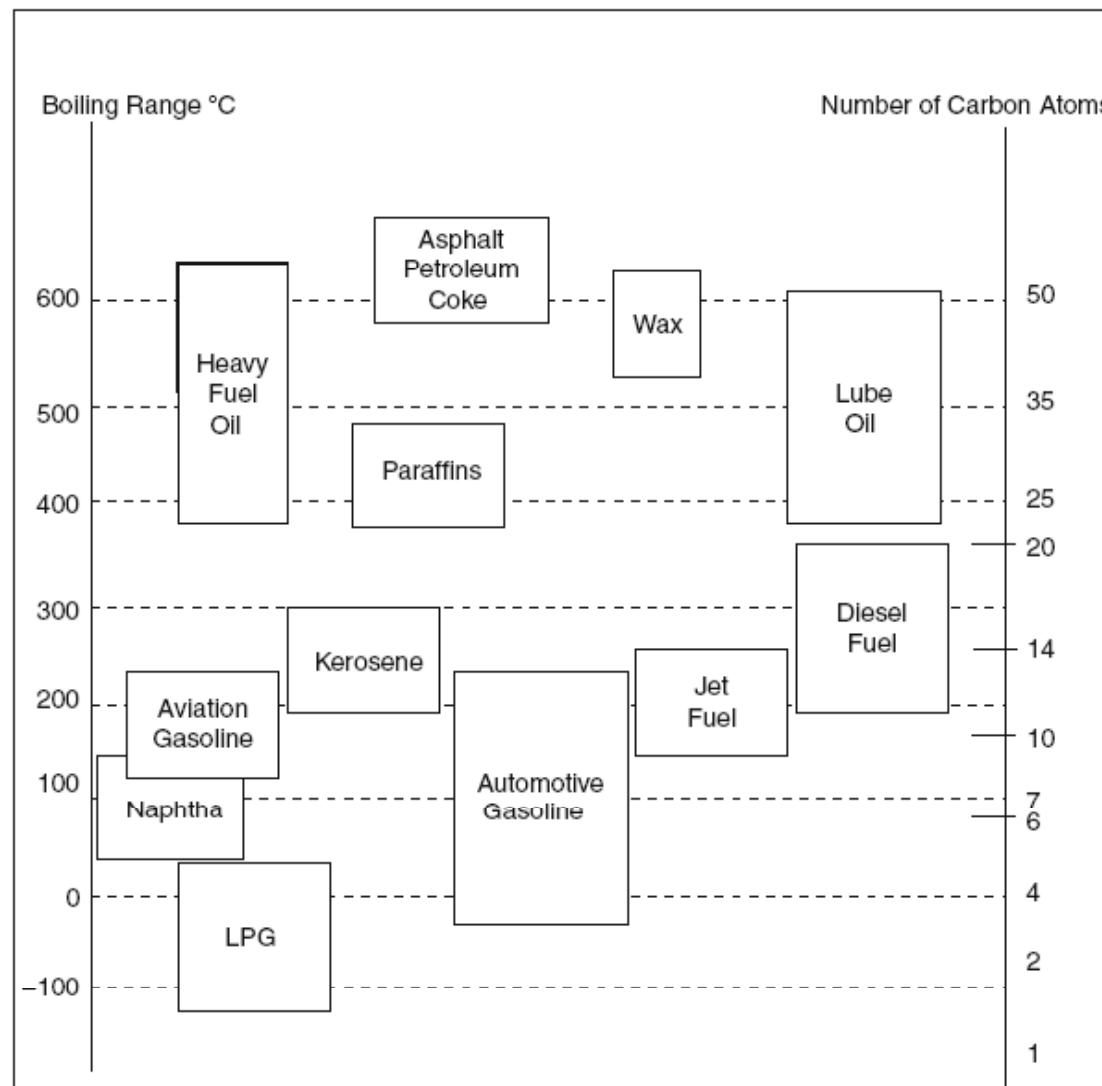
**Método de la MANCHA**  
(promover la floculación de asfaltenos con n-heptano)

A: Asfaltenos dispersos  
B: Inicio de la floculación  
C: Asfaltenos floculados

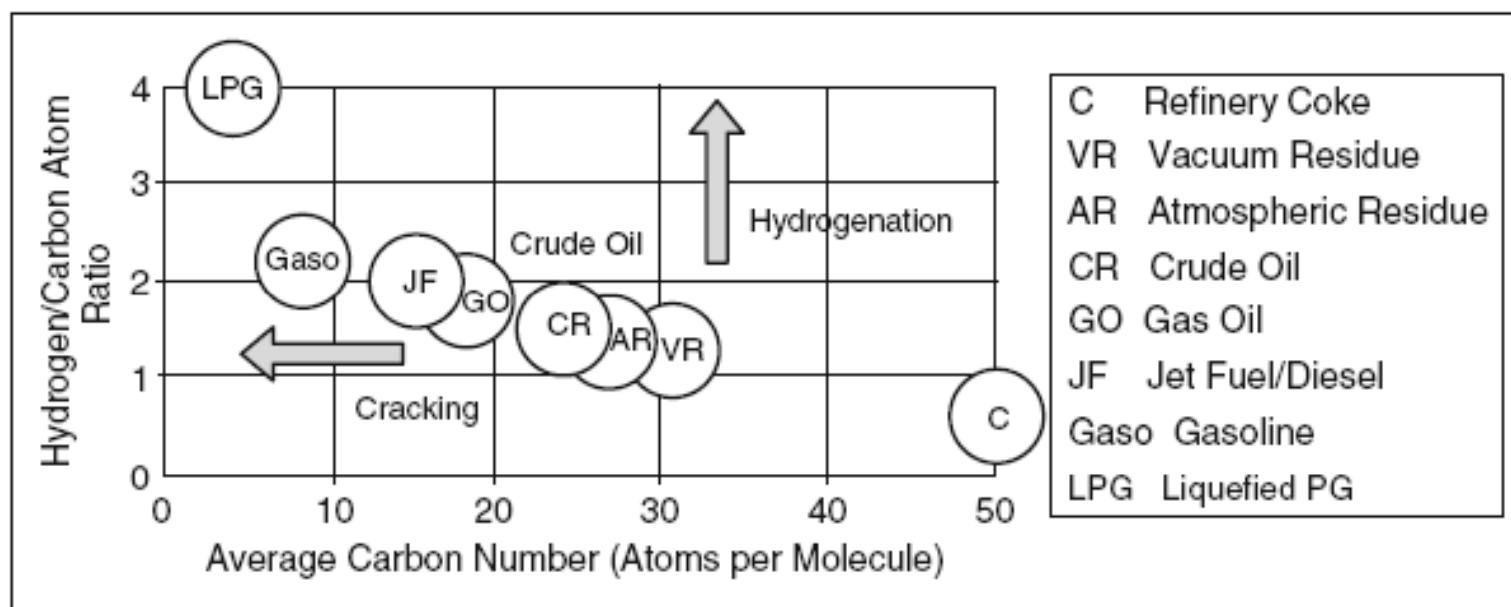
## PRODUCTOS DERIVADOS DEL PETRÓLEO



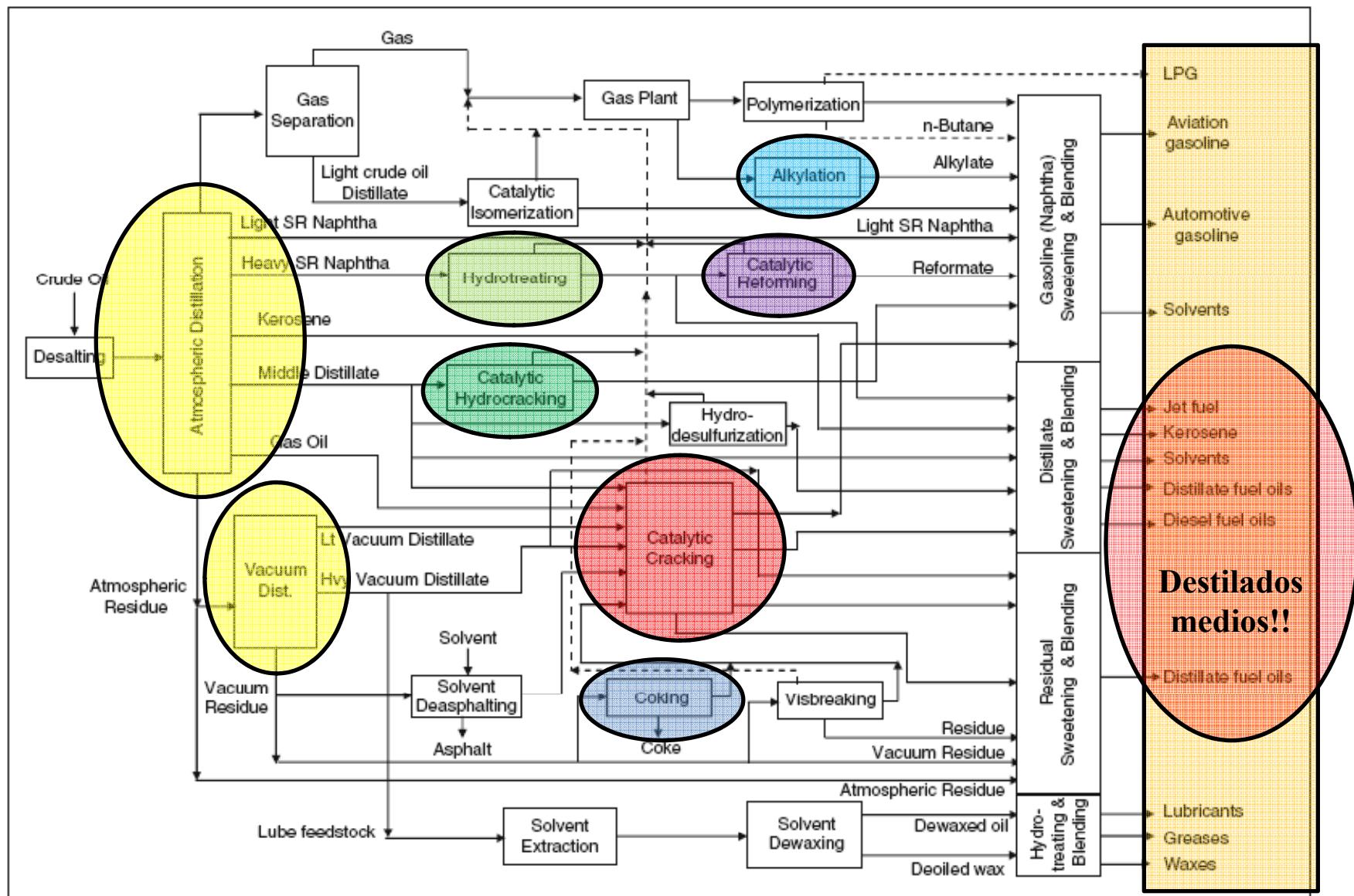
## Intervalos de Ebullición y Número de átomos de carbono de algunos productos petroleros



## Relación hidrógeno/carbono vs. número de átomos de carbono promedio por molécula de algunos productos petroleros



# ESQUEMA GENERAL DE UNA REFINERÍA



# GASOLINA



## Características generales:

- ✓ **Mezclas complejas de hidrocarburos (C<sub>4</sub>-C<sub>10</sub>)** con rango de ebullición 30-205 °C (bajo la norma ASTM D86)
- ✓ **Presión de Vapor Reid (RVP):** 7.2-13.5 psi (se mezcla con butano para ajustar este parámetro). Parámetro importante para la *volatilidad*
- ✓ **Densidad:** 0.71-0.75 g/ml
- ✓ **Posee diferentes aditivos:** Antioxidantes (evitan formación de gomas por oxidación de compuestos orgánicos), detergentes (evitan el “calado” de los motores), antidetonantes, anticorrosivos etc.
- ✓ **Contenido de azufre:** 0.15-0.17% (evitar contaminación ambiental y corrosión en vehículos, normas ASTM D129 y ASTM D2622)
- ✓ **Producto de mayor salida comercial**

## NORMAS ASTM (Sociedad Americana de Ensayos y Materiales)

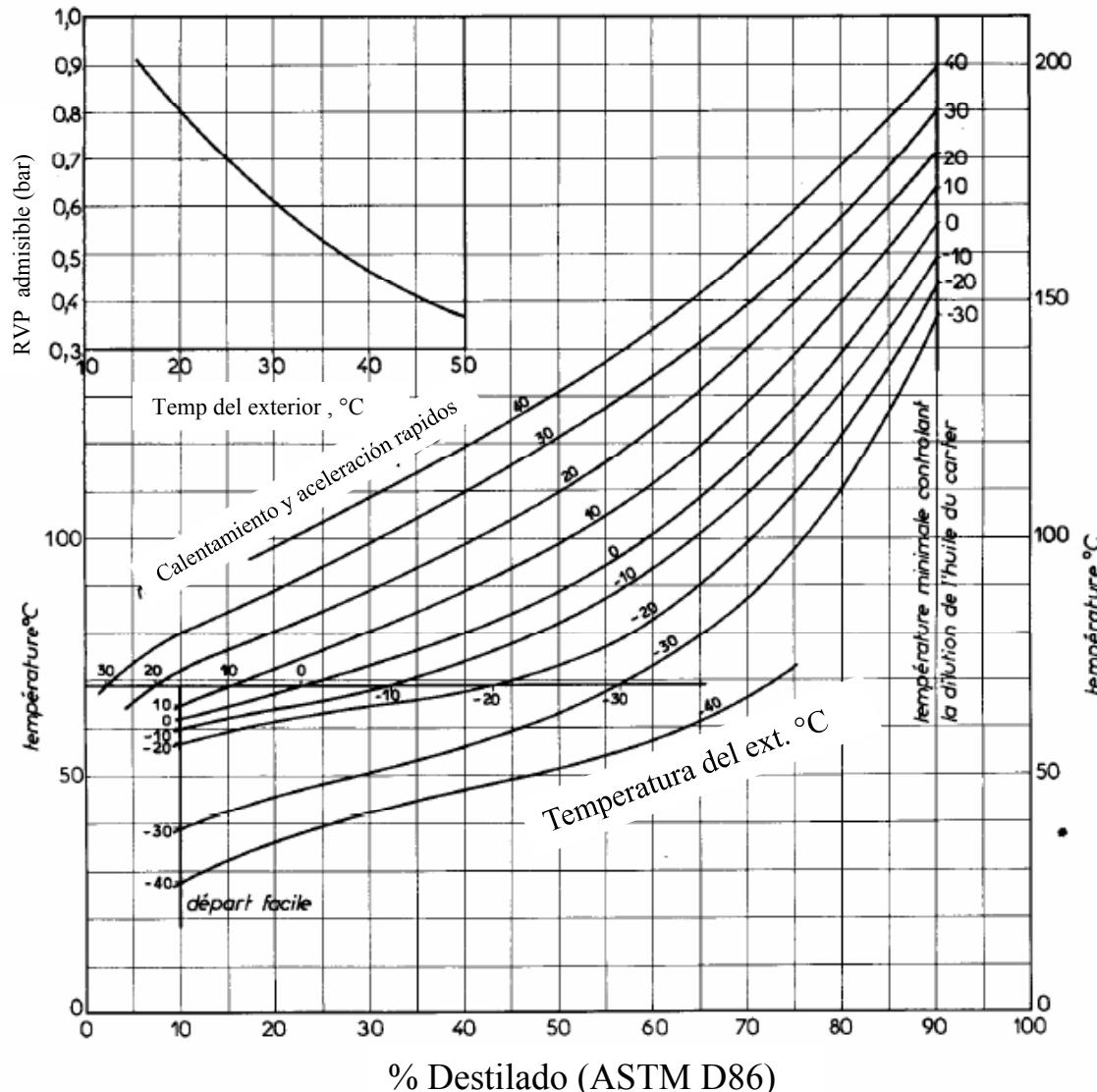


Ensayos estandarizados cuya confiabilidad se rige se rige bajo dos conceptos:

- ✓ **Repetibilidad:** Máxima variación permisible para un 95% de confiabilidad en los resultados obtenidos mediante la aplicación de un método de análisis en una misma muestra, aplicado por un mismo operador, con un mismo equipo y reactivos en una fecha dada. Se consideran dudosos todos aquellos resultados cuyos valores difieran del valor indicado por el método.
- ✓ **Reproducibilidad:** Es la máxima variación permisible para un 95% de confiabilidad, en los resultados obtenidos mediante la aplicación de un método de análisis de una misma muestra, aplicado por diferentes operadores, en laboratorios diferentes, con equipos y reactivos diferentes.



## Curva de destilación de la gasolina: Reflejo de la composición de la gasolina u otra fracción de crudo



Proporcionan información acerca del buen funcionamiento del motor

- ✓ En períodos fríos → 10% antes de 70 °C (contenido mínimo de fracciones ligeras que asegura la vaporización suficiente para el arranque del motor)

**En climas cálidos esto generaría bloqueo por vapor!!**

- ✓ 50% antes de 140 °C → volatilidad correcta de la fracción central (importante en aceleraciones)

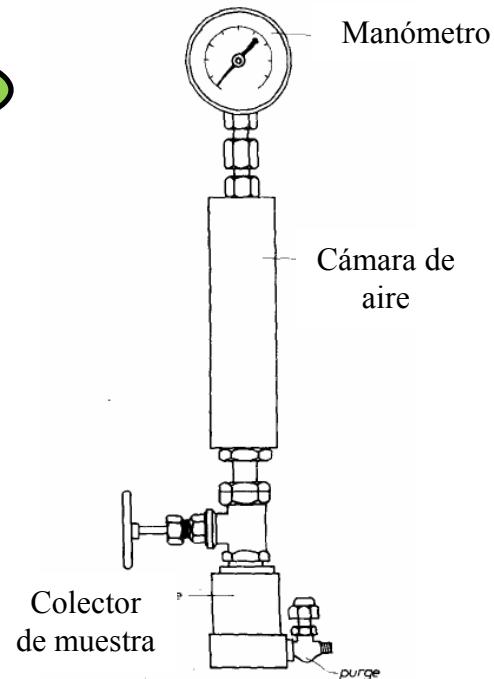


## Volatilidad en las gasolinas:

- Depende del número de componentes livianos presentes en la gasolina
- Se estima a partir del punto inicial de ebullición (IBP) y la Presión de Vapor Reid (RVP)

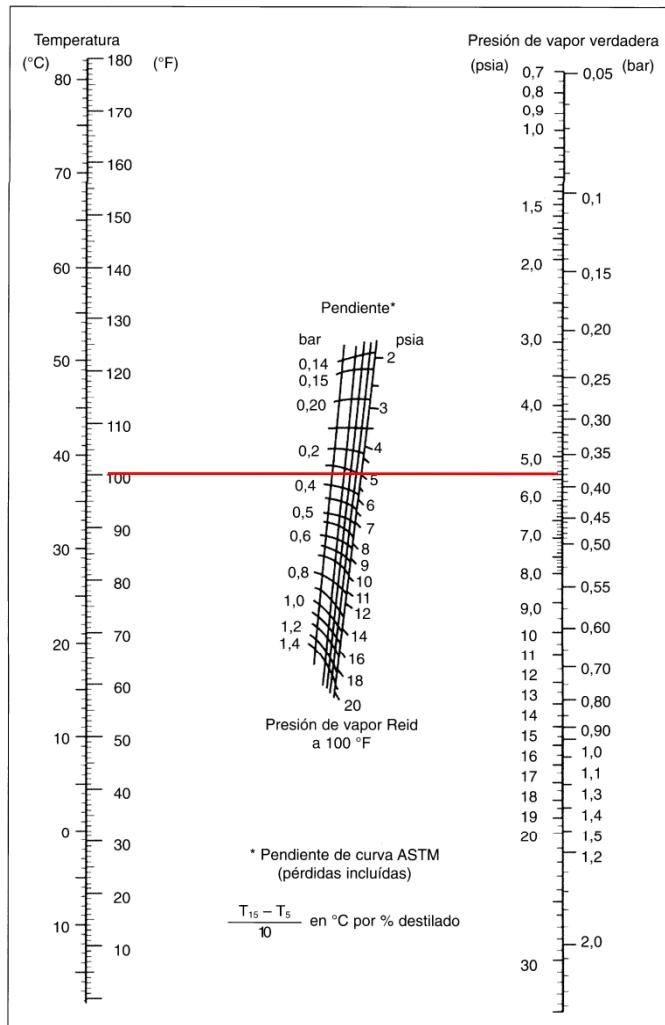
La RVP se calcula a partir de las normas ASTM D323 → **TENDENCIA INICIAL A LA VAPORIZACIÓN**

**Cilindro para medir la RVP**



**La RVP no representa la presión de vapor real de un hidrocarburo**

## DETERMINACIÓN DE LA PRESIÓN DE VAPOR REAL A PARTIR DE LA RVP



**A mayor volatilidad → mayor RVP**

**La RVP debe ser lo suficientemente alta para asegurar un fácil arranque del motor. Pero no tan alta como para generar gran cantidad de vapor y pérdidas durante el funcionamiento del motor**

**Índice de volatilidad de gasolina (FVI)= RVP + 7(E70)**

**E70: Porcentaje de vol. de destilado a 70 °C (ASTM D86)**

**RVP (Mbar)**

**FVI= 900, 1000, 1150 (verano, primavera-otoño, invierno respect.)**



También es un parámetro importante para el almacenamiento de gasolina

## EMISIONES DE CONTAMINANTES EN VEHÍCULOS A GASOLINA

TIPO DE EMISIÓN	CONDICIÓN DE OPERACIÓN	CONTAMINANTE
Evaporativas	Reposo	HC (livianos)
	Funcionamiento	HC, lubricante vaporizado
Escape	Funcionamiento	HC, CO, CO <sub>2</sub> , SO <sub>x</sub> , NO <sub>x</sub>

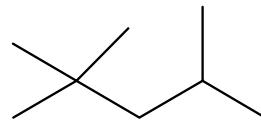
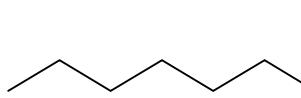
✓ A RVP mayores las emisiones evaporativas aumentan!!

✓ Contaminación ambiental y riesgos para la salud se incrementan



## Octanaje de la gasolina:

- ✓ Parámetro que indica cuán **detonante** o **antidetonante** es una gasolina
- ✓ Es una escala que va de cero (0) a cien (100) en base a dos compuestos de referencia: Heptano (0) e isoctano (2,2,4-trimetilpentano) (100).



- ✓ El índice de octano guarda una estrecha relación con la estructura molecular de los hidrocarburos que constituyen la gasolina
- ✓ Parafinas lineales tienen menor índice de octano que las ramificadas

<u>Tipo de Moléculas</u>	<u>Octanaje</u>
Parafínicas Lineales	Bajo
Isoparafinas	Muy alto
Nafténicos (5-6 C)	Moderadamente alto
Aromáticos	Muy alto

## MÉTODOS (ASTM) PARA LA DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE OCTANO

**Método RON (Research Octane Number ó F1)**      **Método MON (Motor Octane Number ó F2)**

### Motor C.F.R (Cooperative Fuel Research)

→ Equipo que consta de un cilindro con variaciones continuas en las relaciones de compresión

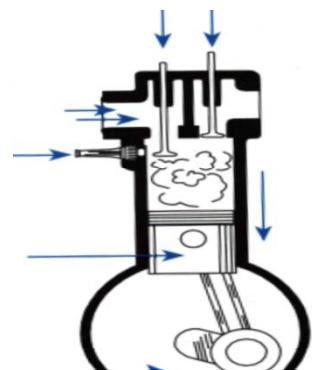


## Funcionamiento de un motor a gasolina (Combustión interna ó cuatro tiempos)

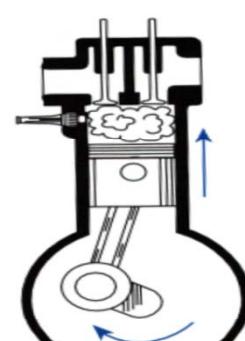
Válvula de admisión      Válvula de escape

Bujía

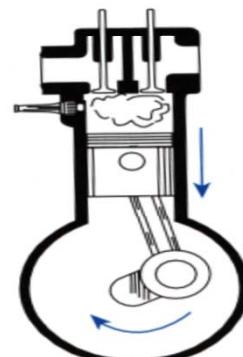
Pistón



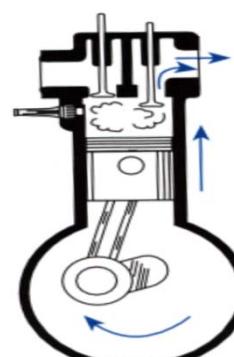
Admisión



Compresión



Potencia



Escape

El proceso sigue la  
trayectoria de un ciclo Otto

➤ **Método RON (ASTM D2699):** Mide el nivel antidetonante del combustible para condiciones de operación suaves sin calentamiento de la mezcla carburada (aire + gasolina). Indica el comportamiento del combustible a baja y media velocidad (encendido-arranque).

**r.p.m.  $\approx 600$**

➤ **Método MON (ASTM D2700):** Indica el comportamiento antidetonante del combustible a altas velocidades y altas temperaturas (150 °C)

**r.p.m.  $\approx 900$**

**MON < RON**



Diferencia promedio entre 10 y 12 puntos por modificación de las condiciones experimentales (T y RPM) → **“Sensibilidad” del carburante**

Por lo general la calidad de un carburante se expresa como:

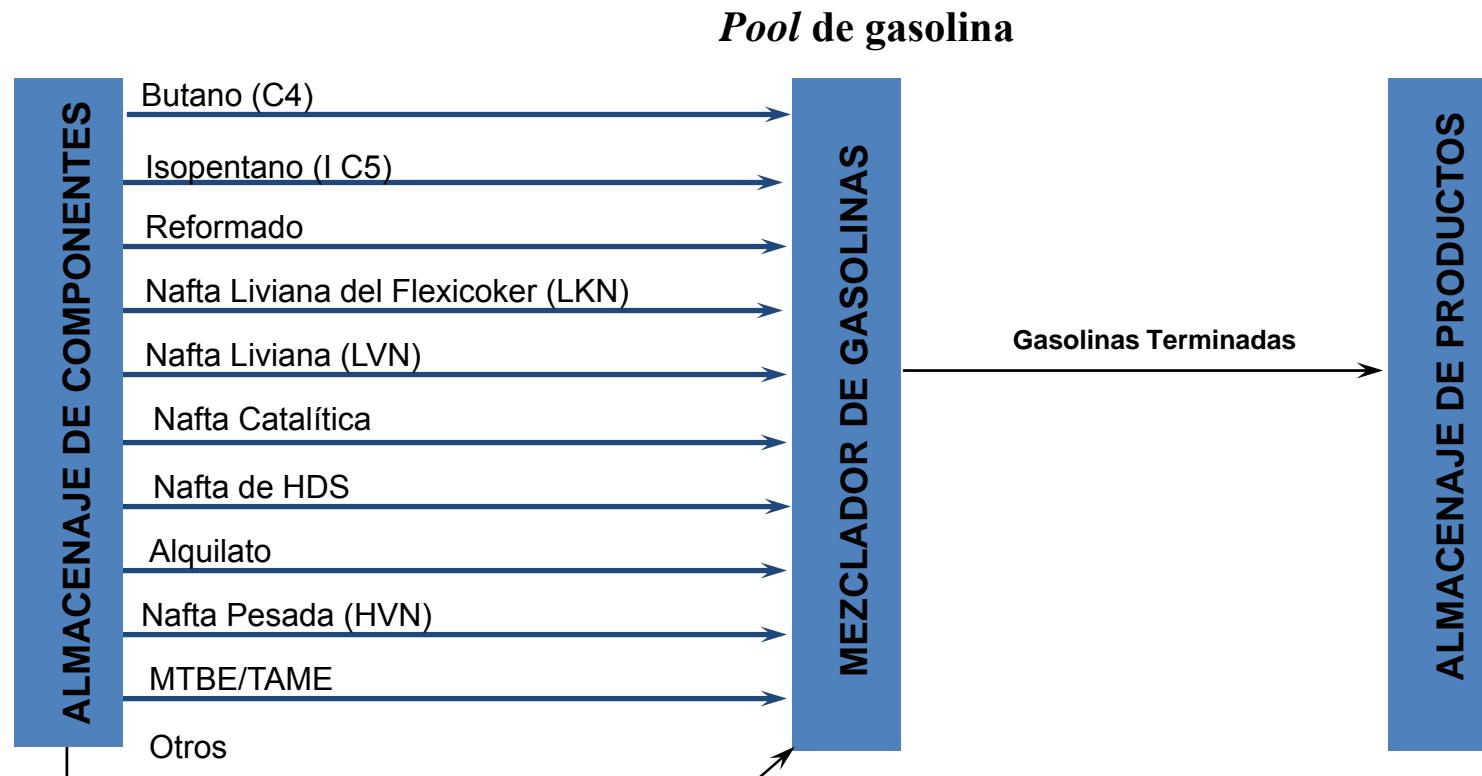
**IAD (Índice Antidetonante) = (RON+ MON)/2**

## PROPIEDADES TÍPICAS DE LOS COMPONENTES DE LA GASOLINA

	API	RVP	RON	MON	IAD
Isobutano	119.8	71.0	100.3	97.6	99.0
Isobutileno	104.2	63.0	103.1	88.1	95.6
1-buteno	103.8	62.0	97.5	79.9	88.7
Metanol	46.2	60.0	133.0	99.0	116.0
n Buteno	97.3	51.0	99.6	86.5	93.1
2-buteno	97.3	51.0	99.6	86.6	92.1
Pentanos	74.9	20.9	95.4	78.0	86.7
Isopentanos	95.0	20.4	92.3	90.3	91.3
etanol	87.6	16.0	90.9	77.1	84.0
1 penteno	92.8	15.6	61.7	63.2	62.5
n pentano	80.5	15.0	97.6	84.7	91.2
2 me 2 btno	86.0	15.0	89.0	86.0	87.5
C5/C6 ismer	83.0	14.3	87.4	84.3	85.9
Hidrocraque	75.2	12.0	65.4	65.1	65.3
2,2 dimebut	84.9	9.9	92.3	92.9	92.6
ciclopent	57.1	9.9	101.3	85.0	93.2

	API	RVP	RON	MON	IAD
TBA	47.3	9.5	109.0	93.0	101.0
MTBE	58.8	8.0	118.0	100.0	109.0
Reformado	47.4	7.7	95.6	86.1	90.9
2,3 dime but	80.8	7.4	103.5	94.3	98.9
FCC	59.7	7.2	93.0	80.0	86.5
Alquilato	71.6	5.1	94.3	92.2	93.3
N hexano	81.6	5.0	25.0	26.0	25.5
refinado	72.2	4.2	57.3	57.0	57.2
ETBE	28.5	3.0	106.0	88.0	97.0
benzene	52.3	1.0	111.0	98.0	104.5
TAME	37.7	1.0	100.8	90.3	95.6
Reform P	30.8	0.5	114.0	93.0	103.5
Tolueno	32.0	0.3	120.0	98.0	109.0
pXileno	28.5	0.3	120.0	99.0	109.5
mxileno	31.4	0.3	120.0	99.0	109.5
aromáticos	30.6	0.1	109.6	98.6	104.1

**La gasolina ciertamente es una mezcla compleja de compuestos orgánicos...**



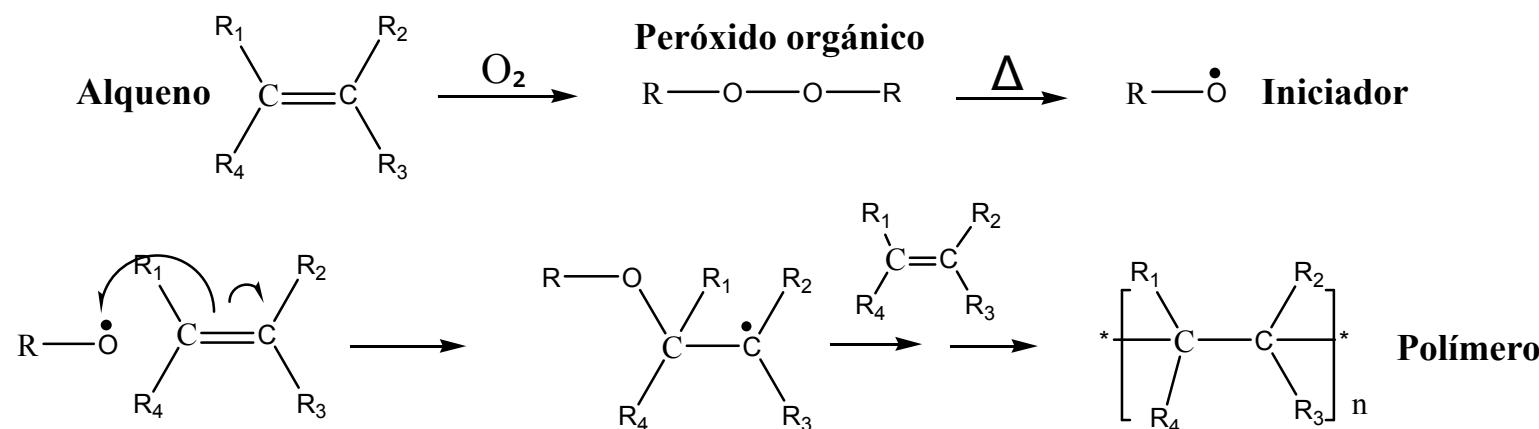
**Las propiedades finales dependen de los aportes de estos constituyentes!!**



## Estabilidad de la gasolina

- ✓ Conservación de las propiedades de las gasolinas a través del tiempo
- ✓ Indicador de inestabilidad → **Formación de gomas!!**

**GOMAS:** polímeros formados a partir de la oxidación y posterior polimerización de olefinas

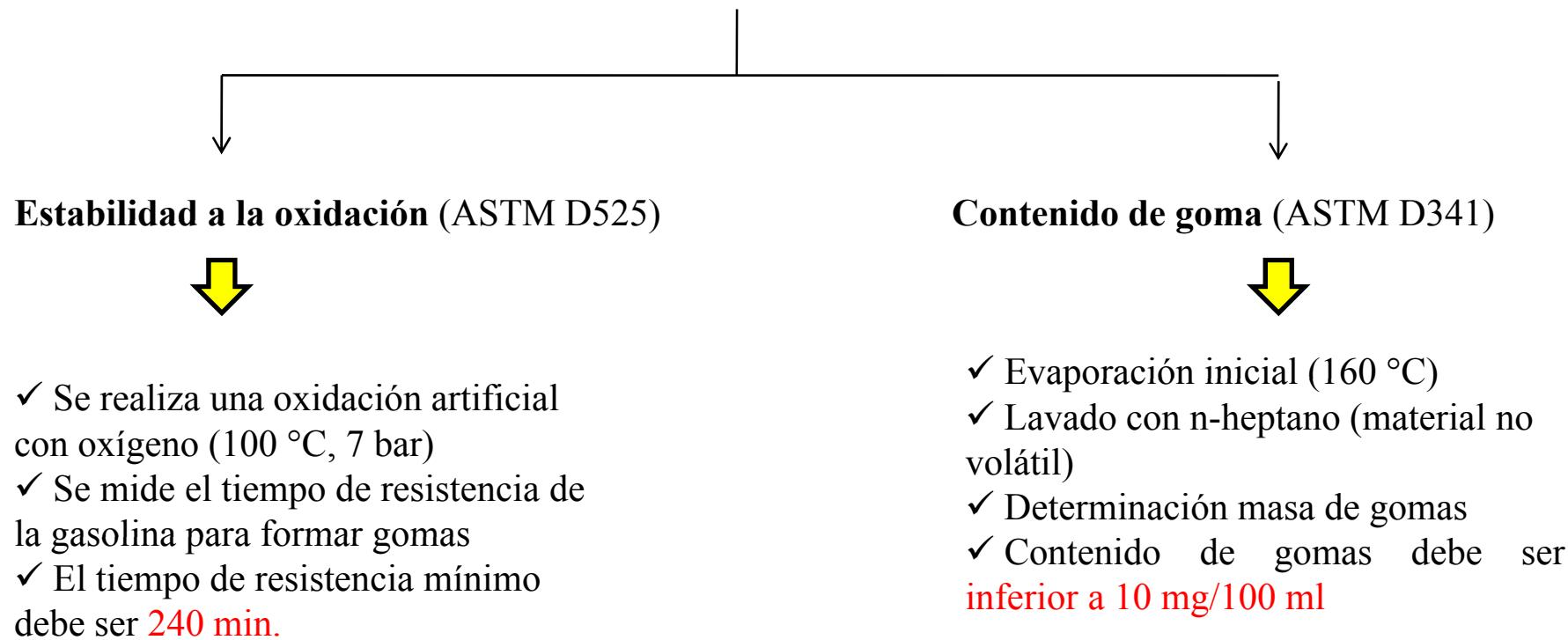


### **Formación de gomas:**

- ✓ Formación de depósitos con la consecuente obstrucción de válvulas
- ✓ Obstrucción de filtros de la gasolina. Daños al motor
- ✓ Parámetro importante en el almacenamiento de la gasolina (aumenta con el tiempo)
- ✓ Disminución del número de octano (reducción de insaturaciones)

**Se emplean aminas aromáticas y compuestos fenólicos como ANTIOXIDANTES**

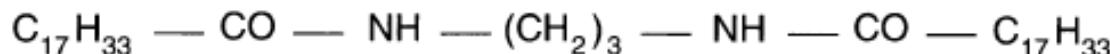
## Determinación de la estabilidad de las gasolinas



## Otros aditivos de la gasolina...

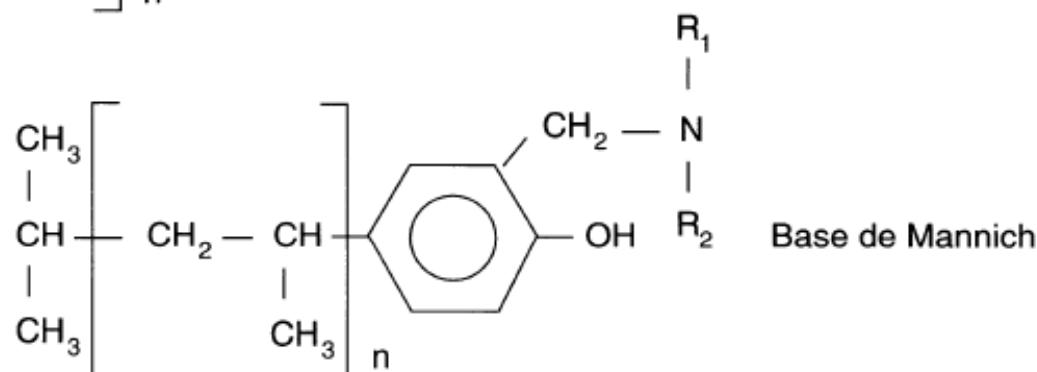
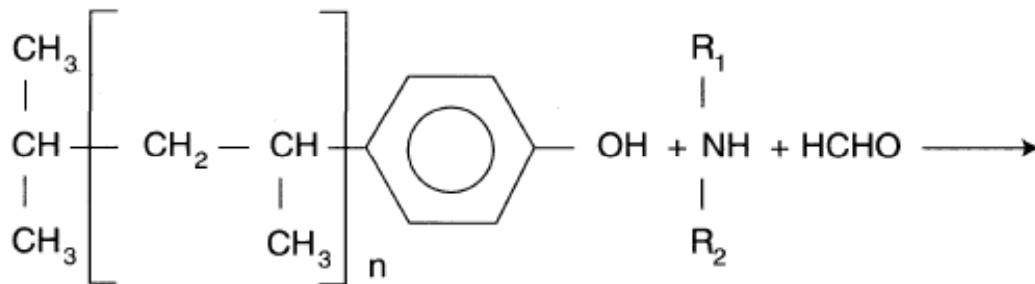
- ✓ **Detergentes:** Sustancias tensoactivas capaces de eliminar depósitos orgánicos.

### *Amidas de propilendiamina*



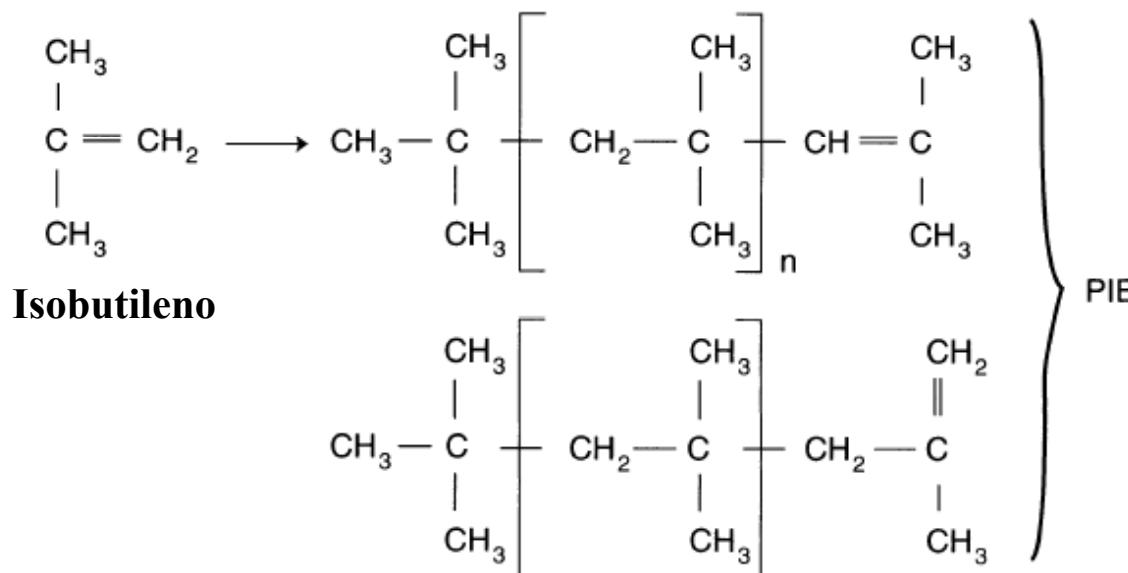
### *Derivados de los polipropilfenoles*

Acción de las aminas y del formaldehído (reacción de Mannich)

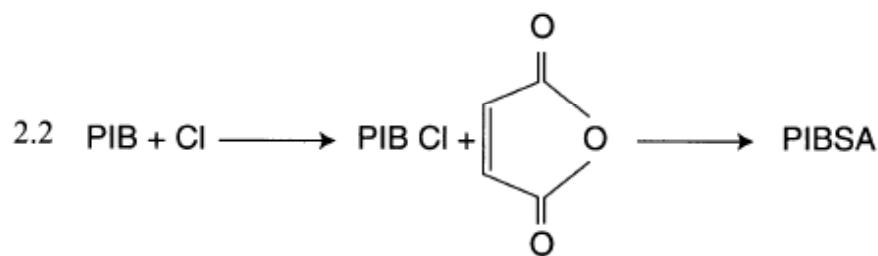
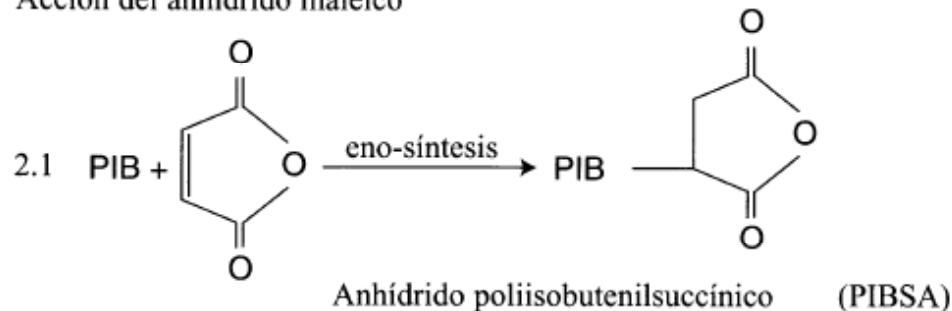


**b) Derivados del anhídrido poliisobutensuccínico**

1. Polimerización catiónica

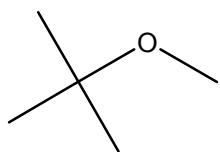


2. Acción del anhídrido maleico

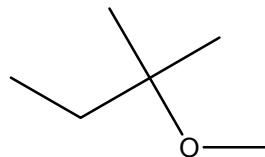


✓ **Mejoradores del índice de octano:** Compuestos oxigenados

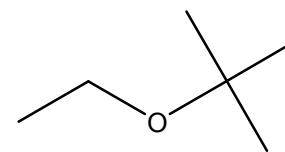
- Alcoholes (Etanol)
- Éteres: Metil-terbutil éter (MTBE), Teramil-metil éter (TAME), Etil-terbutil-éter (ETBE)



MTBE



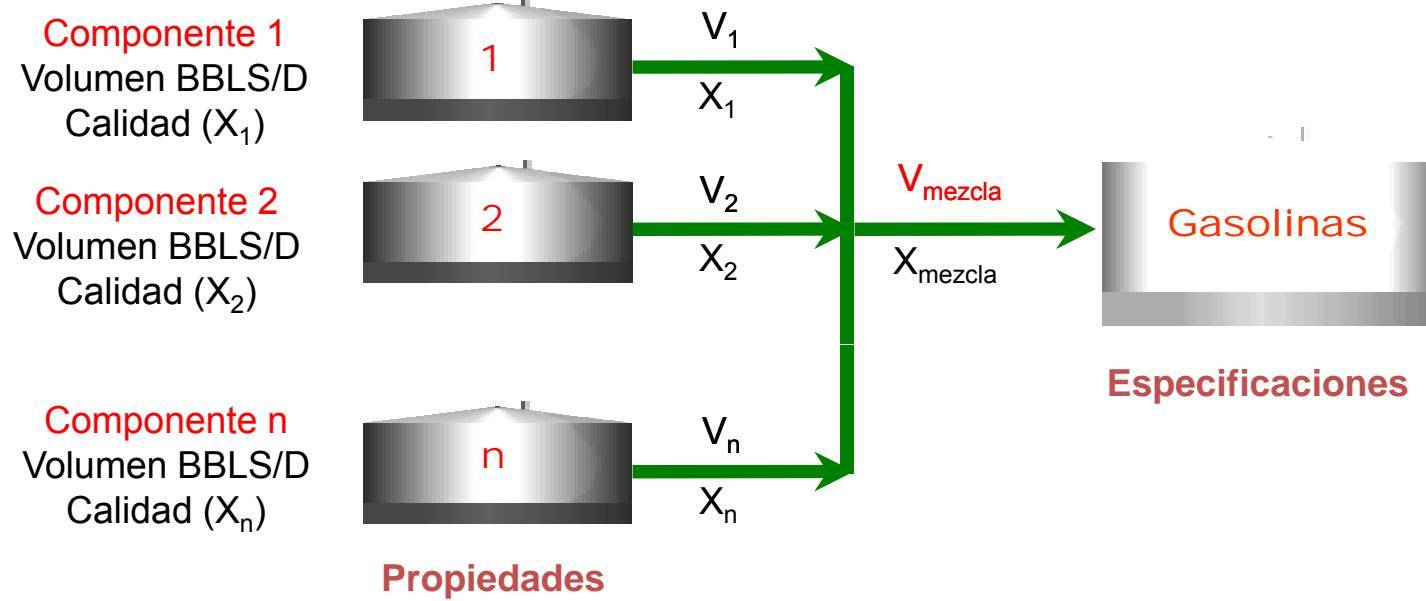
TAME



ETBE

- Alquilatos: Mezclas de isooctanos

## FORMULACIÓN DE LA GASOLINA COMERCIAL (NACIONAL)



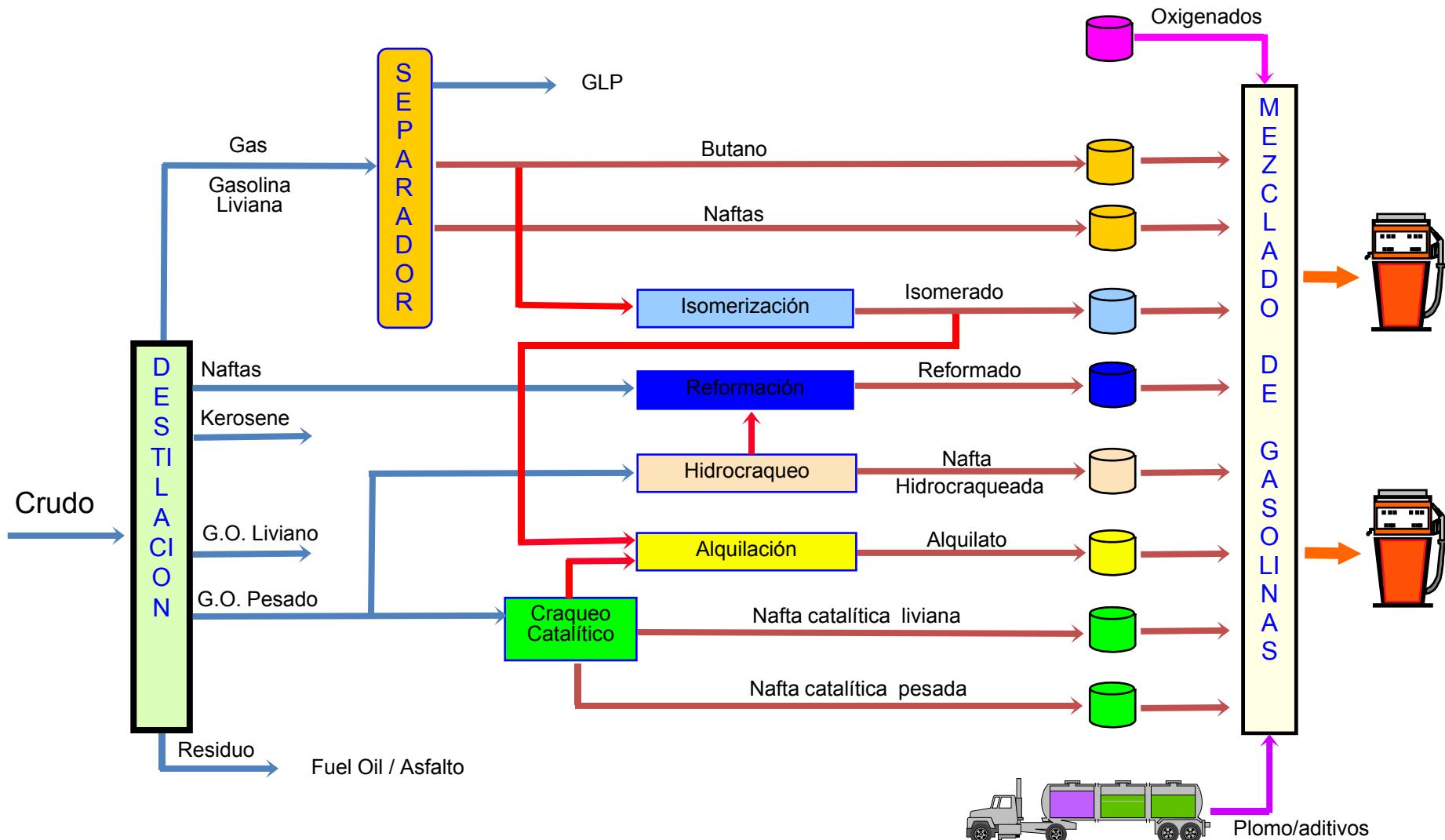
## ESPECIFICACIONES DE LA GASOLINA EN VENEZUELA (2002)

Especificaciones de Gasolina Norma COVENIN	UNIDAD	METODOS		Gasolina Sin Plomo COVENIN 3457-99		Gasolina Con Plomo GCP reg. Prelim.	
		COVENIN	ASTM	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.
IAD	Adim.	885/893	D-2699/2700	91,0		87,0	
MON	Adim.	893	D-2699	87,0		82,0	
Color	Adim.	-----	-----	amarillo pálido (1)		rosado - rojo (1)	
Contenido de Azufre	% Peso	1826	D-2622	0,06		0,15	
Aromáticos, Promedio Anual	%		D-1319 / D-5769 /PONA	35		35	
Olefinas + Aromáticos, Promedio Anual (4)				45		45	
Benceno, Promedio Anual			D-3606	1,2			
Corrosión a la Lámina de Cu,3 h,50°C	Adim.	872	D-130	1		1	
Destilación :		850	D-86				
Punto Inicial	°C	850	D-86	30		30	
10% Volumen recuperado	°C	850	D-86	70		70	
50% Volumen recuperado	°C	850	D-86	77	121	77	121
90% Volumen recuperado	°C	850	D-86	195		195	
Punto Final	°C	850	D-86	225		225	
Residuo	% Vol	850	D-86	2		2	
Porcentaje de Evaporación a 70°C	% Vol	850	D-86	REPORTAR		REPORTAR	
Estabilidad a la Oxidación	minutos	873	D-525	240		240	
Gomas existentes antes de agregar aditivos o colorantes	mg/100 ml	874	D-381	5		5	
Oxígeno	% p		D-4815/5599	0,8		-	
Presión de Vapor	KPa(psi)	875	D-323 / D-5191	65.5(9.5)		65.5(9.5)	
Indice de Bloqueo por vapor (IBV) (2)	Adim.			14,5		14,5	
Contenido de Plomo (3)	g Pb/l	2048/2049	D5059/3341	0,013		0,6	
<b>Otras especificaciones de cumplimiento obligatorio (Control Interno)</b>							
Benceno, "per gallon"	% v		D-3606	1,4		-	
Aromáticos "per gallon"	%v		D-1319 / D-5769 /PONA	40		40	
Olefinas + Aromáticos, "per gallon"	%v			50		50	
Presencia de marcador (6)	Adim.	764				Positiva	
Prueba de Adulteración (6)	Adim.			Negativa			
Prueba Doctor, o			D-4952	Negativa		Negativa	
Total Mercaptanos ("per gallon")	ppm		D-3227	10		15	

## COMPONENTES DE GASOLINAS VENEZOLANAS

AMUAY	BUTANO (NC4)	CARDON	BUTANO
	NAFTA VIRGEN LIVIANA (LVN)		LCC (NAFTA DE CRAQUEO CATALITCO)
	NAFTA VIRGEN PESADA (HVN)		HOUK (FCC)
	NAFTA LIVIANA DE COKER (LKN)		LPD (NAFTA DE CRAQUEO TERMIICO)
	NAFTA HIDRODESULFURADA (NHDS)		NAFTA HIDROTRATADA
	NAFTA FCC (FCC)		REFORMADO
	ALQUILATO (ALK)		NAFTA VIRGEN. (GASOLINA NAT)
	BUTANO		ALQUILATO
EL PALITO	NAFTA FCC LIV.	PLC	REFORMADO
	FCC NAFTA FCC MEDIANA		ALQUILATO (ALK)
	NAFTA FCC PESADA		FCC NAFTA CRAQUEO CATALITICO (FCC)
	GASOLINA NATURAL		RTB NAFTA DE REDESTILADO
	NAFTA LIVIANA TOPS		DAA NAFTA LIVIANA VIRGEN
	NAFTA REFORMADA		DAB NAFTA VIRGEN
	NAFTA REFINADA (EX-BTX)		SRN STRAIGHT RUN NAFTA
	FRN - HNS FULL RANGE NAFTA		NAFTA DEPENTANIZADA
	LSR (STRAIGHT RUN)		
	ALQUILATO		

## ¿Qué procesos generan gasolina en una refinería?



**GASOLINA:** Producto petrolero de mayor demanda a nivel mundial

<b>Países/Regiones</b>	<b>1990</b>		<b>2007</b>	
	<b>MB/D</b>	<b>% Of Total</b>	<b>MB/D</b>	<b>% Of Total</b>
USA	<b>7.235</b>	<b>44.5</b>	<b>7.647</b>	<b>40.6</b>
EUROPA DEL OESTE	<b>2.929</b>	<b>18.0</b>	<b>3.256</b>	<b>17.3</b>
AMERICA LATINA	<b>1.198</b>	<b>7.4</b>	<b>1.670</b>	<b>8.9</b>
ASIA	<b>4.316</b>	<b>26.6</b>	<b>5.190</b>	<b>27.5</b>
<b>TOTAL</b>	<b>16.249</b>	<b>100.0</b>	<b>18.834</b>	<b>100.0</b>

## GASOIL (DIESEL)

### (Combustible para motores Diesel)

- Combustible (12-30 átomos de C) destinado a la alimentación de motores Diesel; es decir, de encendido por compresión (maquinaria pesada, barcos, camiones etc.).
- Se obtiene a partir de la mezcla de corrientes provenientes de procesos de destilación de crudo (destilación atmosférica y vacío, FCC, Hidrocraqueo)
- **Rango de destilación (ASTM D86): 180-370 °C.** Este rango se especifica en función del buen desempeño del motor (características de volatilidad muy precisas)
  - Fracción destilada debe ser menor al 65% para 250 °C
  - Fracción destilada debe ser superior al 80% para 350 °C
  - Fracción destilada debe ser superior al 95% para 370 °C
- **Gravedad específica (ASTM D3142): 0.82-0.86.** El valor mínimo se justifica en la necesidad de un buena potencia del motor, mientras que el valor máximo está justificado por la necesidad de evitar formación excesiva de humo.
- **Viscosidad (ASTM D445): Min. 1.60 cSt y máx. 5.20 cSt a 40 °C.** Si es mayor se genera una disminución de inyección al motor, pero si es muy baja se genera “gripado” (alta fricción y posterior desgaste) en la bomba de inyección.

- **Cenizas (ASTM D482):** Sales y óxidos minerales remanentes después de la combustión del gasoil (silicio, hierro, calcio, sodio y vanadio, el cual puede representar el 50% del total de cenizas). El contenido de cenizas deben estar en términos de trazas.
- **Agua y sedimentos (ASTM D1796):** El agua contiene materias orgánicas disueltas o en suspensión que pueden dejar cenizas (cloruros de sodio y magnesio). **Max 0.1 % (V/V)**
- **Contenido de azufre (ASTM D2622):** El azufre genera corrosión en la cámara de combustión y válvulas, además de promover la formación de óxidos de azufre. **Máx 0.5 % en peso.**



El gasoil ideal debería contener como base una corriente de primera destilación (*STRAIGHT RUN*) de naturaleza parafínica, con el menor contenido de fracciones pesadas

## Tipos de Diesel y aplicaciones

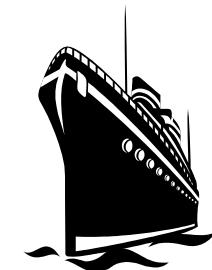
### **Diesel mediano:**

Motores diesel de alta velocidad, generadores portátiles, bombas, calderas y turbinas.



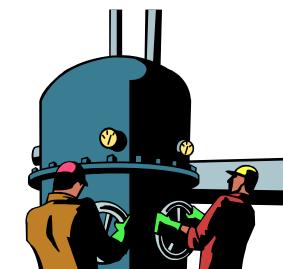
### **Diesel pesado:**

Motores diesel de mediana velocidad (buques), plantas eléctricas y otros.



### **Gasóleo industrial:**

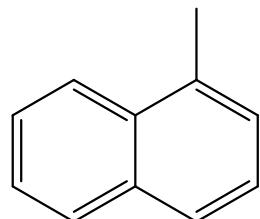
Quemadores industriales, hornos, turbinas a gas y otros.



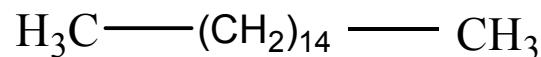


## Índice de Cetano (IC):

- Parámetro que permite determinar que tan **AUTOINFLAMABLE** es el diesel
- Escala que va desde cero (0) hasta cien (100), tomando como referencia dos hidrocarburos:  $\alpha$ -metil-naftaleno (0) y el cetano (100). Muchas veces se utiliza como referencia baja el heptametil-nonano (HMN)

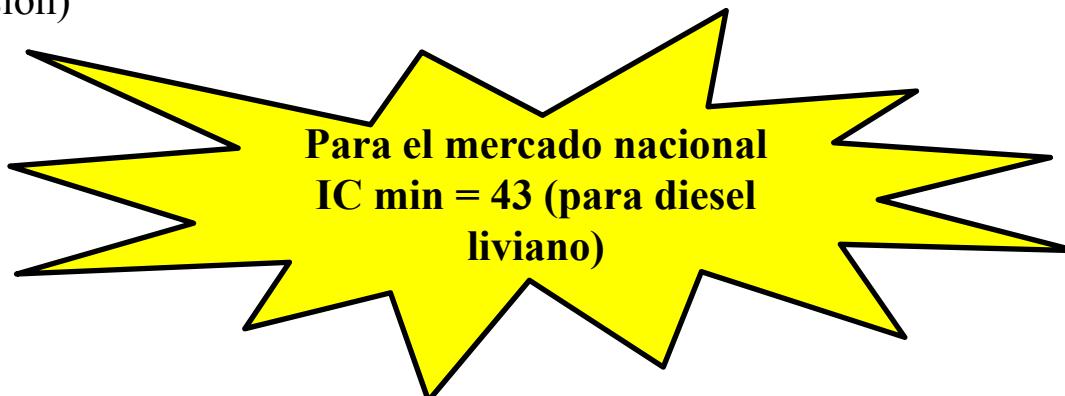


$\alpha$ -metil-naftaleno

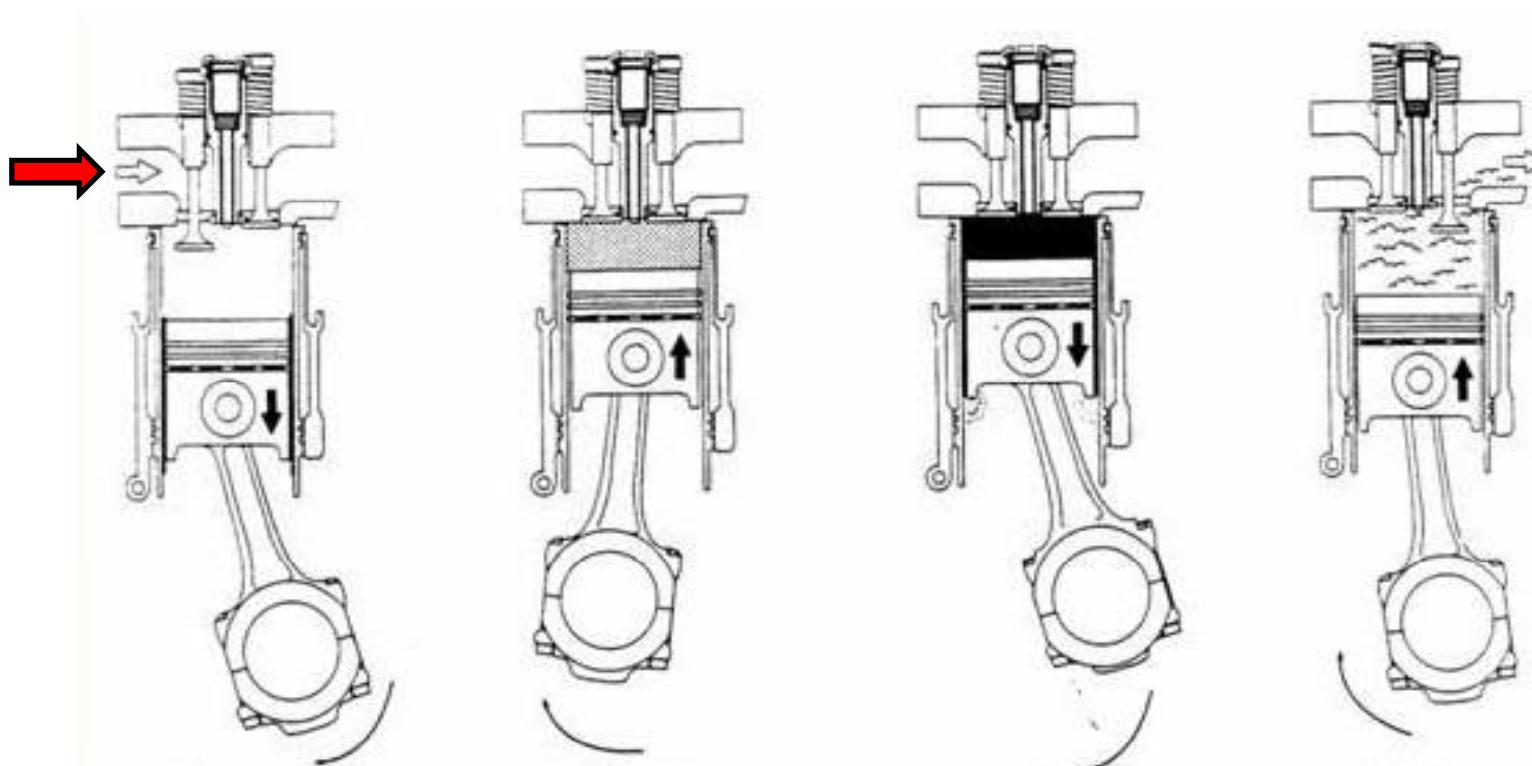


Cetano

- La determinación experimental del índice de cetano se realiza también en un motor CFR, cuya cámara de combustión se adecúa al motor diesel (combustión por compresión)



## Ciclo de un motor Diesel



Entrada de  
Aire (admisión)

Compresión -  
inyección de  
diesel

Combustión

Potencia

Combustible finamente  
pulverizado

## Diferencias entre la gasolina y el gasoil

### Químicas:

Propiedades	Gasolina	Diesel
API	50-75	25-35
Rango de Destilación (°C)	30-205	180-370
Número de Carbonos	(04-10)	(12-30)

### En relación

Propiedades	Gasolina	Diesel
Relación de Compresión	8:1-12:1	14:1- 25:1
Forma de Inyección	Junto con el aire	Posterior al aire
Tipo de Inyección	Directa o por carburador	Directa
Ignición	Por bujía	Por compresión
Consumo	Alto	Bajo

## Correlaciones para el cálculo del IC



$$CCI = 454,74 - 1641,416 \rho + 774,74 \rho^2 - 0,554 (T_{50}) + 97,083 (\log T_{50})^2$$

**De donde:**

CCI = Índice de cetano calculado

$\rho$  = Densidad @ 15°C (kg/l)

$T_{50}$  = Temperatura del 50% destilado (ASTM D86)

Otra característica que permite estimar la autoinflamabilidad del diesel

$$DI = \frac{(PA) \cdot API}{100}$$

**De donde:**

DI = Índice de diesel

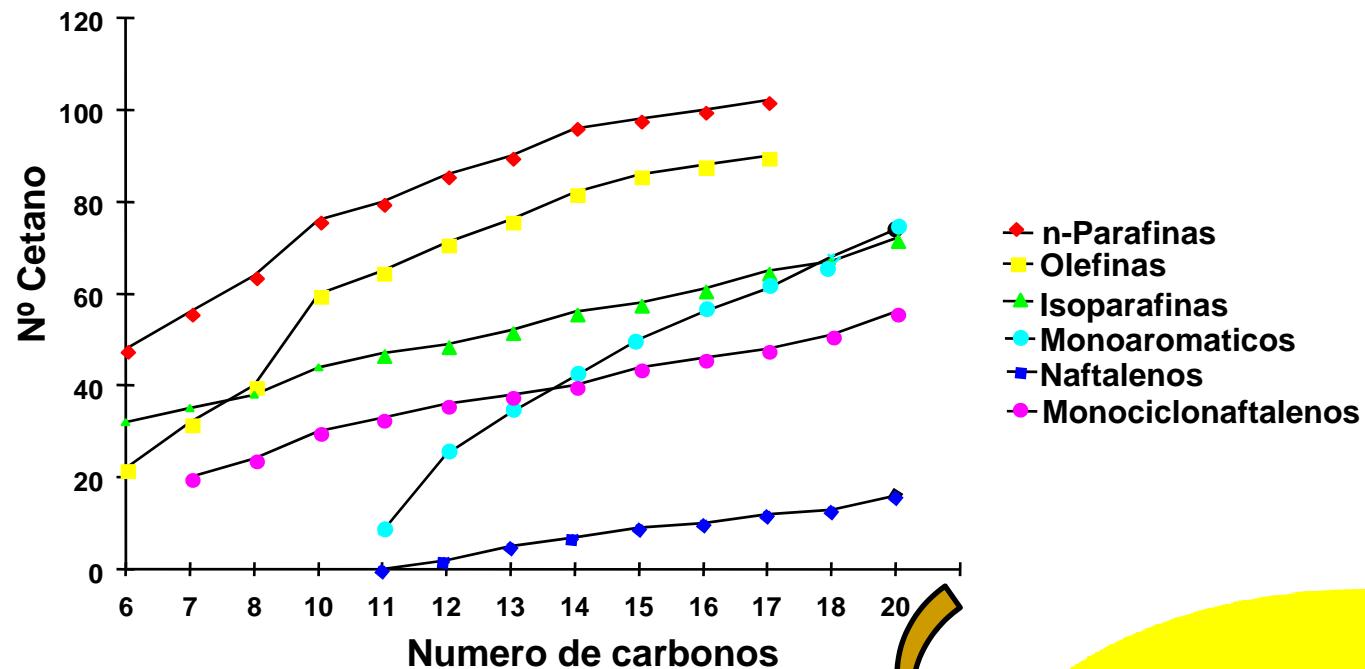
PA = Punto de anilina

También:

$$IC = PA - 15,5$$

$$IC = 0,72DI + 10$$

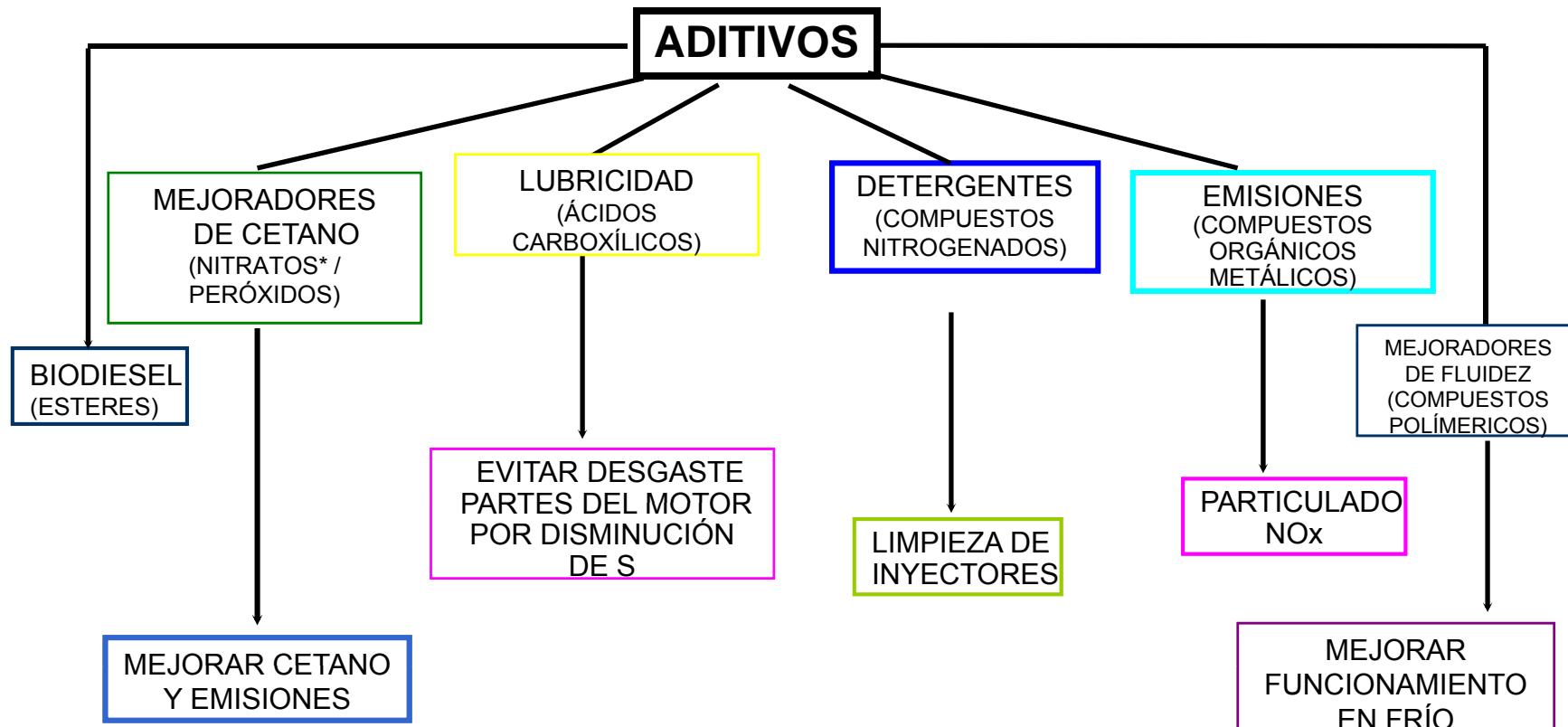
## Variación del Índice de Cetano respecto a diferentes familias orgánicas



La T de inflamabilidad depende de la naturaleza del carburante!!

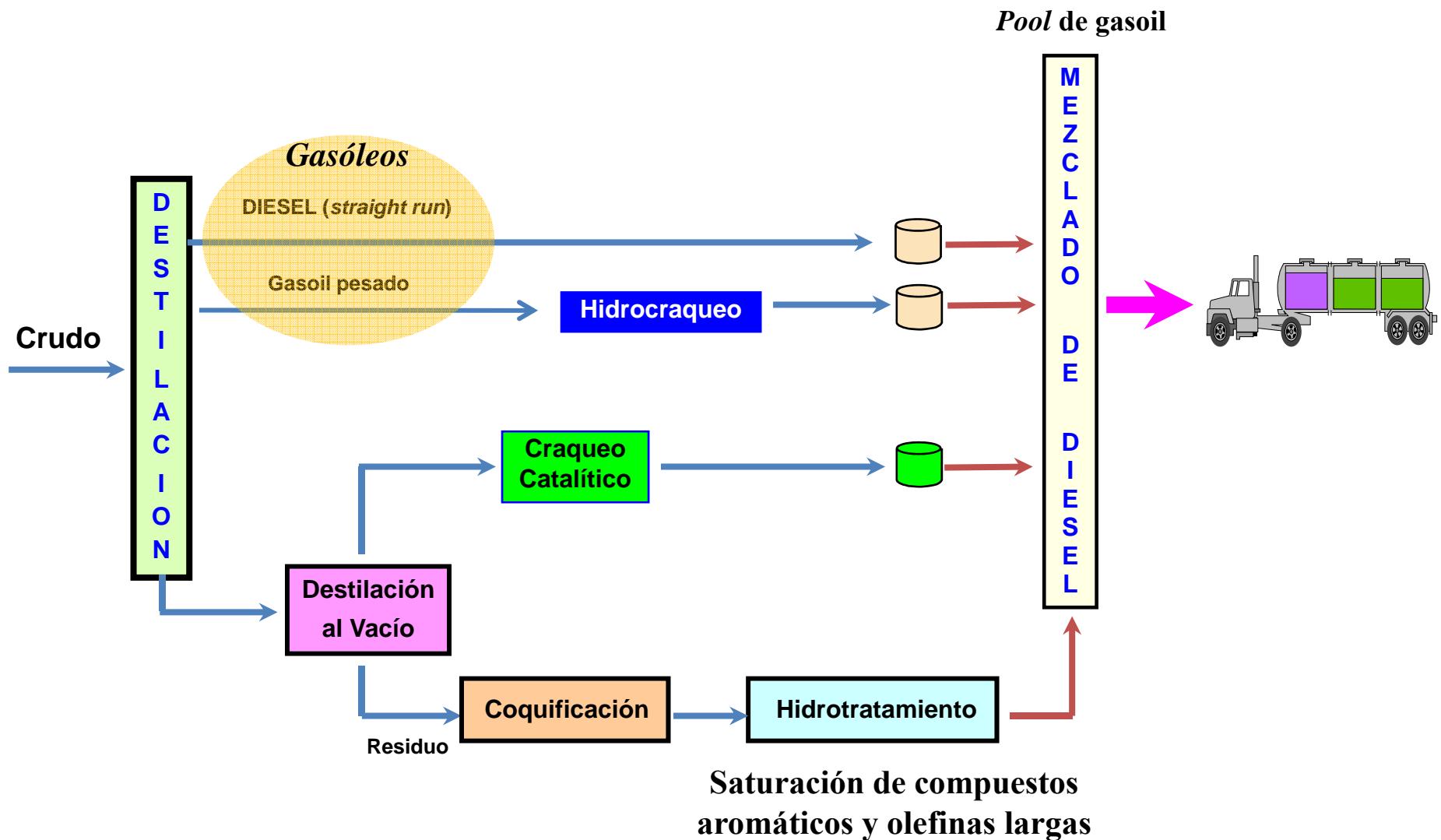
$T_{inf} \downarrow$  C/H es baja  
PM es alto

## ADITIVOS MEJORADORES DEL DIESEL



\* Nitrato de 2-hetil-hexilo

## FUENTES DE REFINACIÓN DE GASOIL BASE



## CARACTERÍSTICAS DE ALGUNOS GASOIL BASE

Carga	Crudo parafínico			Crudo nafténico		Destilados a vacío		Residuo de vacío		Residuo atmosférico Desasfaltado
Procedimiento	Destilación atmosférica			Destilación atmosférica		FCC	Hidrocraqueo	Viscoreducción	Coquización	Hidrocraqueo
Rendimiento (% en peso)	30,3	32,8	36,7	29,2	47,2	10 - 15	30 - 40	5 - 15	35	20
Densidad a 15 °C (kg/l)	0,835	0,825	0,843	0,827	0,856	0,930	0,814	0,845	0,900	0,807
Destilación (°C)										
PI	170	180	170	180	170	170	220	170	170	260
PF	370	375	400	350	370	370	370	370	370	380
Punto de niebla (°C)	-5	-2	+1	-10	-20	-5	-17	-4	-8	-13
Punto de congelación (°C)	-12	-9	-6	-18	-33	-14	-20	-18	-20	-18
Número de cetano	50	51	54	54	43	24	64	40	28	70
Contenido en azufre (% p)	0,12	0,04	0,83	0,80	0,09	2,8	0,001	2,33	2,10	0,0005

**Punto de niebla (cloud point):** Mínima T a la cual el hidrocarburo se enturbia y se observa la aparición de la primera partícula de cera (sólida)

**Punto de congelación (pour point):** Mínima T a la cual el crudo o una fracción de crudo podría fluir sin perturbación cuando este (a) es enfriado (a).

**Punto de humo (smoke point):** Indica la calidad de quemado de los querosenes. Se reporta en términos de altura de llama (mm) cuando se quema la fracción hidrocarbonada

**Punto de fluidez:** Mínima T a la cual el crudo ó fracción fluyen naturalmente

**Flash point:** Mínima T a la cual la presión de vapor de un crudo o fracción es suficiente para producir el vapor necesario para la ignición en presencia de aire y una fuente calorífica externa

## OTROS PRODUCTOS PETROLEROS...



### **Kerosene:**

- **Rango de Ebullición:** 190-300 °C (ASTM D86). H.C con 9-17 átomos de carbono



### **Jet Fuel:**

- **Rango de Ebullición:** 140-250 °C (ASTM D86)
- Empleado como combustible para aviones (de turbina o a propulsión, Jets)



### **Gas Licuado de Petróleo (GLP):**

- Mezcla de propano (C<sub>3</sub>) y butano (C<sub>4</sub>) con uso extendido en petroquímica y como combustible doméstico
- Muy bajo contenido de azufre, aprox. 50 ppm (amigable al medio ambiente)
- Almacenaje líquido a 13 bar



## Fuel Oil Doméstico (FOD):

- Producto muy similar al gasoil (en conjunto se denominan “destilados medios”). Algunas diferencias entre estos productos se muestran en la siguiente tabla

Característica	Producto	
	Gasóleo	FOD
Densidad (kg/l)	0,824	0,860
Viscosidad cinemática a 20 °C (mm <sup>2</sup> /s)	3,47	6,20
Azufre % (masa)	0,206	0,300
Punto de enturbamiento (°C)	-8	+3
TLF (Temp. Límite de Filtrabilidad) (°C)	-23	-3
Punto de congelación (°C)	-27	-21
Destilación PI (°C)	167	185
Destilación PF (°C)	364	374
Número de cetano	50,5	48,0
PCI <sub>m</sub> (kJ/kg)	42.825	42.220
PCI <sub>v</sub> (kJ/l)	35.285	36.310
Carbono (%)	86,0	87,2
Hidrógeno (%)	13,35	12,7

- También es posible obtener **fuel oil pesado**, el cual se emplea como combustible para hornos, centrales eléctricas etc.



**Otros productos petroleros: Asfaltos, Ceras, Coque, Aceites Lubricantes...**