



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE  
INGENIEROS DE MINAS  
-----

Ríos Rosas, 21  
28003 MADRID.

**DEPARTAMENTO DE**  
**INGENIERÍA QUÍMICA Y COMBUSTIBLES**

**PROGRAMA DE LA ASIGNATURA**  
***REFINO, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE***  
***HIDROCARBUROS***

**Curso** : 5º  
**Cuatrimestre** : 1º  
**Carácter** : Optativa

**Créditos totales**  
Teóricos : 2,9  
Prácticos : 3,1

**PLAN DE ESTUDIOS 1996**

Edición 3: 2007-09-20

## **REFINO, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS: PROGRAMA**

### ***a) OBJETIVOS Y CONTENIDOS***

#### **BLOQUE 1: Estructura general de los procesos de refino. Clasificación**

##### ***OBJETIVOS ESPECÍFICOS***

*1.1. Conocer la estructura y panorámica de producción y consumo mundial y nacional del sector petrolero.*

##### **CONTENIDOS**

###### **1.1: INTRODUCCION**

- Composición de los crudos de petróleo
- Estructura de las refinerías.
- Tipos de refinerías.
- Integración general de los procesos de refino.
- Clasificación técnica de los procesos: Físico-químicos, físicos, químicos.
- Importancia de la seguridad en el refino, transporte y almacenamiento de hidrocarburos.

#### **BLOQUE 2: Destilación del petróleo**

##### ***OBJETIVOS ESPECÍFICOS***

- 2.1. Calcular los rendimientos y propiedades de los cortes resultantes del fraccionamiento de un crudo de petróleo determinado.*
- 2.2. Desarrollar un modelo de cálculo, integrando las etapas de “Blending” de crudos, columna “Preflash” y columna de “Topping”, típicas de una refinería*

##### **CONTENIDOS**

###### **2.1: CUANTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS CORTES DE UN CRUDO DE PETRÓLEO**

- Caracterización de crudos. Métodos de cálculo de API, SG y KUOP. Curvas T.B.P., A.S.T.M. y E.F.V.
- Conversión entre las curvas T.B.P., A.S.T.M. y E.F.V.
- Cálculo de los rendimientos y propiedades de los cortes; y de los parámetros de separación entre los sucesivos cortes, “gap” y “overlap”

###### **2.2: SIMULACIÓN DEL ESQUEMA INICIAL DE UNA REFINERÍA: “BLENDING”,**

## “PREFLASH” Y “TOPPING”

- “Blending” de crudos
  - Especificación de las propiedades de los crudos
  - Definición y generación de los pseudocomponentes
  - Cálculo de las propiedades de la mezcla de crudos
- Columna “PREFLASH”
  - Objetivo de la columna
  - Establecimiento de los parámetros termodinámicos y de condiciones de operación
  - Definición de las especificaciones de calidad requeridas en la nafta.
  - Desarrollo de los balances de materia y energía, logrando la especificación de diseño previamente establecidas.
- Columna “TOPPING”
  - Objetivo de la columna
  - Especificación termodinámica y de las condiciones de operación de la columna, “pamparounds” y “sidestrippers”.
  - Establecimiento de los parámetros termodinámicos y de condiciones de operación
  - Definición de las especificaciones de calidad requeridas del GOA, diesel y queroseno.
  - Desarrollo de los balances de materia y energía, logrando la especificación de diseño previamente establecidas en los tres cortes.

## 2.3: CÁLCULO DE UNA COLUMNA DE DESTILACIÓN A PRESIÓN ATMOSFÉRICA

- Ejercicio práctico de cálculo de una columna de destilación a presión atmosférica

## BLOQUE 3: Procesos de refino

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 3.1. *Conocer los procesos de lavado con aminas y los fundamentos del endulzamiento y la extracción.*
- 3.2. *Comprender los fundamentos del reformado catalítico, de la hidrogenación y el craqueo térmico y catalítico e hidrocaqueo.*
- 3.3. *Describir los procesos de disminución de la viscosidad y coquización.*
- 3.4. *Conocer los procesos de isomerización y alquilación.*

### CONTENIDOS

#### 3.1: TRATAMIENTOS QUÍMICOS DE FRACCIONES PETROLÍFERAS

- Proceso de lavado con aminas.
- Tratamiento con sosa.
- Procesos merox de endulzamiento.
- Procesos merox de extracción.

#### 3.2: PROCESOS DE REFORMADO CATALÍTICO

- Estructura y fines del reformado catalítico en el refino del petróleo.
- Reacciones fundamentales: Su mecanismo, termodinámica, cinética y resultados.
- Reacciones sobre catalizador metálico y ácido.
- Carga reformable: Caracterización, preparación y composición de la carga y del reformado.
- Tecnología del proceso: Número y misión de los reactores, severidad del proceso.
- Variables y flexibilidad.
- Catalizadores: Reparación y regeneración.
- Tendencias modernas del proceso.

### 3.3: PROCESOS DE HIDROREFINO E HIDROCRAQUEO

- Reacciones de hidrogenación.
- Catalizadores.
- Presión y temperatura.
- Aplicaciones en la desulfuración de fracciones.
- Disponibilidad de hidrógeno en la refinería.
- El hidrocrqueo: su finalidad en el refino del petróleo.
- Condiciones del proceso de hidrocrqueo: Diversidad de la carga, flexibilidad, productos.

### 3.4: PROCESOS DE CRAQUEO CATALÍTICO

- Finalidad y evolución.
- Reacciones.
- Sistema de lecho circulante.
- Carga.
- Craqueo catalítico en lecho fluido.
- Catalizador.
- Tecnología.
- Recuperación de calor.
- Regeneración del catalizador.
- Subproductos.

### 3.5: PROCESOS DE CRAQUEO TÉRMICO

- Finalidad.
- Reacciones.
- Concepto de severidad.
- Productos.

### 3.6: RUPTURA DE VISCOSIDAD Y COQUIZACIÓN

- Proceso de ruptura de viscosidad.
- Aplicaciones.
- Productos del proceso de coquización: coque verde y calcinado, aplicaciones.
- Desulfuración del coque calcinado.
- Tecnología, diferencias fundamentales de los procesos de craqueo.

### 3.7: PROCESOS DE ISOMERIZACIÓN Y ALQUILACIÓN

- Isomerización y polimerización.
- Isomerización de la fracción C5/C6.
- Optimización del producto: utilización de la destilación y de los tamices moleculares.
- Proceso de alquilación: catalizadores y tecnología.

## **BLOQUE 4: Procesos de extracción con disolventes**

### *OBJETIVOS ESPECÍFICOS*

- 4.1. Comprender la extracción líquida y relacionar sus aplicaciones en el refinado del petróleo.*
- 4.2. Comprender el objeto del desasfaltado con propano del residuo de la destilación a vacío de los crudos.*
- 4.3. Comprender el esquema del proceso y el circuito de desasfaltado de la unidad industrial.*
- 4.4. Conocer el esquema del proceso y los circuitos complementarios de recuperación del disolvente de las fases asfalto y aceite.*
- 4.5. Comprender el objeto de la extracción con furfural de los hidrocarburos aromáticos de los aceites lubricantes.*
- 4.6. Conocer el esquema del proceso, el circuito del extracto y el circuito del secado del disolvente.*
- 4.7. Comprender el objeto del desparafinado de las bases de aceites lubricantes por extracción con disolventes.*

### CONTENIDOS

#### 4.1: APLICACIONES EN EL REFINO DEL PETRÓLEO

- Desasfaltado con propano.
- Extracción de los hidrocarburos aromáticos de las fracciones lubricantes.
- Desparafinado por extracción con disolventes de las fracciones de vacío.

## **BLOQUE 5: Transporte de productos petrolíferos**

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- 5.1. Aplicar los conocimientos de mecánica de fluidos a las peculiaridades de los hidrocarburos y establecer los parámetros de diseño del transporte por tubería.*
- 5.2. Conocer los aspectos fundamentales del transporte de hidrocarburos en botellas a presión, cisternas, y por vía marítima.*
- 5.3. Aplicar las fórmulas de cálculo al transporte por tubería de hidrocarburos gaseosos (gasoductos) y líquidos de baja viscosidad a la temperatura ambiente (oleoductos).*
- 5.4. Conocer los aspectos básicos de la reglamentación y normativa aplicable al transporte (“ADR”).*

### CONTENIDOS

#### 5.1: TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS EN FASE LÍQUIDA: OLEODUCTOS

- Descripción.
- Tubería: Trazado, diámetro, espesor, material.
- Estaciones de bombeo: descripción, operación, dimensionado y ubicación.
- Protección contra la corrosión.
- Conceptos básicos de normativa y legislación

## 5.2: TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS EN FASE GASEOSA: GASODUCTOS

- Descripción.
- Tubería: trazado, diámetro, espesor, material.
- Estaciones de compresión: descripción, operación, dimensionado y ubicación.
- Protección contra la corrosión.
- Conceptos básicos de normativa y legislación

## 5.3: TRANSPORTE MARÍTIMO

- Buques: descripción, características, comparación, parámetros de operación.
- Instalaciones marítimas de carga y descarga: descripción, comparación, operación, características.
- Plantas de licuación y regasificación: descripción, parámetros de operación.

## 5.4: TRANSPORTE POR CAMIÓN CISTERNA Y FERROCARRIL

- Características básicas del camión cisterna.
- Transporte del G.L.P. por camión cisterna.
- Características técnicas básicas del vagón cisterna.
- Transporte ferroviario del G.L.P.
- Escalones de distribución: primaria, secundaria y capilar.

# BLOQUE 6: Almacenamiento de hidrocarburos

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 6.1. *Conocer los tipos de tanques de almacenamiento para productos pesados, fracciones ligeras, medias y volátiles y depósitos de almacenamiento a presión para gases, así como los materiales empleados y accesorios para su funcionamiento.*
- 6.2. *Conocer los tanques criogénicos para almacenamiento de fracciones licuadas y depósitos semienterrados.*
- 6.3. *Conocer las normas de llenado, vaciado y limpieza de los tanques de almacenamiento.*
- 6.4. *Conocer la tecnología de establecimiento y funcionamiento de un depósito en acuífero y en estructuras geológicas y mineras (no acuíferas), formaciones salinas y minas abandonadas.*
- 6.5. *Conocer las normas generales de seguridad y prevención de la contaminación en los almacenamientos subterráneos de hidrocarburos.*
- 6.6. *Realizar el cálculo de depósitos en los diferentes tipos de almacenamiento.*

## CONTENIDOS

### 6.1: ALMACENAMIENTOS DE PRODUCTOS PETROLÍFEROS LÍQUIDOS

- Generalidades.
- Almacenamiento de hidrocarburos según productos y ubicación.
- Almacenamientos superficiales según su función.
- Tipos de almacenamiento.
- Tanques atmosféricos: dimensiones y construcción, accesorios, capacidad.
- Tanques atmosféricos verticales, con pantalla flotante.
- Tanques atmosféricos verticales con techo flotante.

## 6.2: ALMACENAMIENTO A PRESIÓN DE PRODUCTOS LICUADOS

- Depósitos convencionales a presión cilíndricos y esféricos.
- Sistemas contra incendios.
- Sistema de semirefrigeración.

## 6.3: ALMACENAMIENTO CRIOGÉNICO

- Generalidades.
- Características de los depósitos.
- Recipiente interno. Aislamiento térmico. Recipiente externo.

## 6.4: ALMACENAMIENTOS SUBTERRÁNEOS

- Almacenamiento en obras subterráneas.
- Almacenamiento en acuíferos.
- Almacenamiento en yacimientos agotados de hidrocarburos.
- Almacenamiento en formaciones salinas.
- Almacenamiento en minas abandonadas.

# BLOQUE 7: Aspectos ambientales

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- 7.1 Conocer las fuentes de contaminación del aire procedentes del uso de los hidrocarburos.
- 7.2 Conocer los niveles de contaminación de los productos producidos por la utilización de hidrocarburos.
- 7.3 Conocer los sistemas de lucha contra la contaminación atmosférica y su relación con la normativa legal.
- 7.4 Conocer las fuentes de contaminación de aguas superficiales, freáticas o subterráneas por instalaciones de refino, transporte o almacenamiento de hidrocarburos.
- 7.5 Conocer los sistemas de depuración de aguas de refinería y su aplicación en cada caso.

## CONTENIDOS

### 7.1: EFECTOS AMBIENTALES

- Principales focos antropogénicos de emisiones primarias.
- Contaminantes.
- Contaminación producida por los combustibles.
- Efecto de las emisiones. Interrelaciones de los contaminantes.

### 7.2: LEGISLACIÓN, NORMAS Y MEDIDAS CORRECTORAS

- Exigencias normativas.
- Directivas marco: Adaptación de la industria.
- Técnicas en el tratamiento de los gases de escape de automoción. Catalizadores.
- Programas europeos para la limitación de emisiones.
- Adaptación de los esquemas de refino: Reformulación de carburantes. Inversiones estimadas.
- Aguas residuales: Tratamientos físicos, químicos y biológicos.

- Restitución del agua.
- Contaminación térmica de las aguas.
- Derrames de petróleo: Causas y medios para combatirlos.

## **b) BIBLIOGRAFÍA**

### **BÁSICA:**

- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, *Guía de mejores técnicas disponibles en España del sector refino de petróleo*, Hipervínculo: [http://www.eper-es.es/data/docs/Fondo%20documental/guiarefino\\_59E6-413E-ACAA-821BDE02C196.pdf](http://www.eper-es.es/data/docs/Fondo%20documental/guiarefino_59E6-413E-ACAA-821BDE02C196.pdf). 2004
- RAMOS CARPIO, M.A. *Refino de petróleo, gas natural y petroquímica*. Fundación Fomento Innovación Industrial, Madrid, 1997.

### **COMPLEMENTARIA:**

- HUGHES, J.R. *Storage and Handling of Petroleum Liquids*. Griffin, Londres, 1986.
- LUYBEN, W.L. *Distillation Design and Control Using Aspen Simulation*. John Wiley & Sons, Inc. New Jersey, 2006
- MARTINEZ, P.J.; RUS, E. *Operaciones de separación en ingeniería química*. Pearson Prentice Hall, Madrid, 2004.
- MEYERS, R.A., *Handbook of Petroleum Refining Processes*. McGraw-Hill Handbooks, New York, 2003
- WATKINS, R.N. *Petroleum Refinery Distillation*. Gulf Publishing Company, Houston, 1981.
- WAUQUIER, J.P. *El refino del petróleo*. Díaz de Santos, Madrid, 2004

## **c) PRÁCTICAS EN GRUPOS REDUCIDOS**

- **Comentario:** se requiere que el alumno tenga capacidad técnica suficiente para el desarrollo de modelos de simulación mediante Aspen
- Al inicio de curso se propondrán y planificarán varios trabajos: “Procesos de Refino y Extracción”; “Transporte y Almacenamiento de Hidrocarburos”; “Columna de Destilación”.
- Los alumnos formarán grupos de 4 personas para la realización de los trabajos propuestos.
- Durante el cuatrimestre, los alumnos resolverán las cuestiones planteadas con ayuda del tutor y serán examinados del trabajo realizado en el examen final o bien oralmente.
- Las notas de los trabajos se conservarán únicamente durante un curso académico.

## **d) PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN**

Para facilitar la evaluación de la asignatura, el contenido de la misma se divide en 3 partes diferenciadas (Procesos de Refino y Extracción; Transporte y Almacenamiento de Hidrocarburos; Columna de Destilación).

La evaluación de la teoría y de los problemas se realiza mediante un examen, valorando la capacidad de aplicación de los conceptos estudiados.

La nota del curso es la media ponderada de los trabajos realizados (30 %) y del examen final (70 %). En



este último y en los trabajos, la nota se pondera en función de las horas de clase impartidas en cada uno de los bloques de la asignatura.