



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

CAMPO DE ACCION DE LA INGENIERIA INDUSTRIAL  
EN LA INDUSTRIA CON PROCESOS QUIMICOS

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
(AREA INGENIERIA INDUSTRIAL)

P R E S E N T A N :  
MONICA HUITZIL TAPIA  
ARACELI PEREZ HERNANDEZ

DIRECTORA DE TESIS: ING. ELVIRA VALADEZ SANCHEZ



MEXICO, D. F.

1993

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## PROLOGO

ESTE TRABAJO SURGE CON EL FIN DE DAR UNA JUSTIFICACION A LA INTRODUCCION DE MATERIAS DE QUIMICA AL PLAN DE ESTUDIOS DEL INGENIERO-MECANICO-ELECTRICISTA (AREA INDUSTRIAL). SIENDO EL OBJETIVO DE ESTE TRABAJO, ANALIZAR EN DIFERENTES CASOS LA APORTACION DE LA INGENIERIA INDUSTRIAL EN LOS PROCESOS QUIMICOS. PARA LO CUAL, PRIMERAMENTE SE DARA UN PANORAMA GENERAL DE COMO ESTA CONSTITUIDA LA INDUSTRIA EN MEXICO Y DE LOS PRINCIPALES PROCESOS QUIMICOS QUE INTERVIENEN EN ELLAS PARA LA ELABORACION DE SUS PRODUCTOS. Y POSTERIORMENTE, UN BREVE PANORAMA DEL CAMPO DE ACCION DEL INGENIERO INDUSTRIAL Y CUAL ES SU APORTACION REAL EN LOS PROCESOS QUIMICOS, LO CUAL NOS PERMITIRA DETERMINAR LAS HERRAMIENTAS NECESARIAS PARA QUE EL INGENIERO INDUSTRIAL PUEDA PARTICIPAR ADECUADAMENTE DENTRO DE LA INDUSTRIA QUIMICA, AL ADQUIRIR UN LENGUAJE COMUN QUE LE PERMITA TRABAJAR EN CONJUNTO CON LOS INGENIEROS QUIMICOS O CON LAS CARRERAS DERIVADAS DE ESTA ULTIMA.

# CAMPO DE ACCION DE LA INGENIERIA INDUSTRIAL EN LA INDUSTRIA CON PROCESOS QUIMICOS

Objetivo.- Analizar en diferentes casos la aportación de la Ingeniería Industrial en los Procesos Químicos.

## INDICE

CAPITULO 1: INTRODUCCION.....	1
1.1 Panorama general.....	1
1.2 Desarrollo de la industria Química en México.....	4
1.3 Importaciones y Exportaciones de la Industria Química.....	15
1.4 Aportación de los Procesos Químicos en en la Industria.....	20
CAPITULO 2: DETERMINACION DE LAS INDUSTRIAS REPRESENTATIVAS DONDE INTERVIENEN PROCESOS QUIMICOS.....	22
2.1 La Industria Manufacturera.....	22
2.2 La Industria Representativa donde intervienen Procesos Químicos.....	25
2.2.1 Subsector de Alimentos, Bebidas y Tabaco.....	25
2.2.2 Subsector de Textiles.....	26
2.2.3 Subsector de Substancias Químicas y Derivados del Petróleo.....	28
- Petroquímica Básica	
- Química Básica.	
- Industria Farmacéutica.	
CAPITULO 3: SELECCION DE PROCESOS QUIMICOS QUE INTERVIENEN EN LAS INDUSTRIAS REPRESENTATIVAS.....	31
3.1 Hidrogenación.....	32
3.2 Oxigenación.....	46
3.3 Nitración.....	56
3.4 Sulfonación.....	64

3.5 Fosfatización.....	74
3.6 Halogenación.....	82
3.7 Hidrolisis.....	92
3.8 Fermentación.....	100
3.9 Polímeros o Plásticos.....	108
3.10 Química del Petróleo.....	118

CAPITULO 4: CAMPOS DE ACCION ESPECIFICOS DE LA INGENIERIA INDUSTRIAL DENTRO DE LA INDUSTRIA CON PROCESOS QUIMICOS.....	128
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

CAPITULO 5: CONCLUSIONES.....	134
-------------------------------	-----

GLOSARIO.....	137
---------------	-----

BIBLIOGRAFIA.....	140
-------------------	-----

## CAPITULO 1

### INTRODUCCION

#### 1.1 PANORAMA GENERAL.

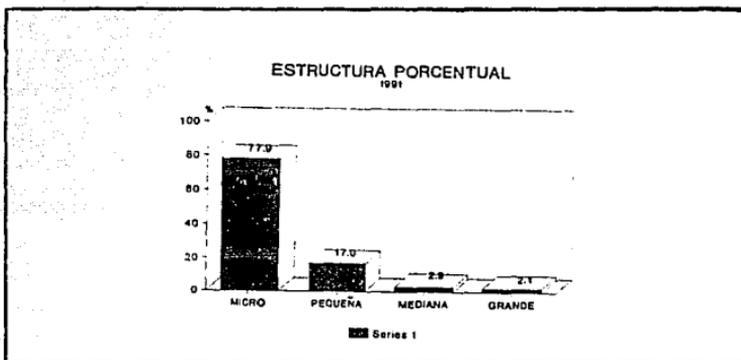
Pocas son las actividades en la vida moderna que no dependan de los procesos químicos en alguna forma.

El éxito de la industria química se manifiesta en miles de aplicaciones como medicinas, plásticos, fibras, pinturas, jabones, productos de limpieza, cosméticos, aditivos y alimentos. Productos variados que reflejan el nivel de vida y grado de desarrollo de un país.

Sin embargo, aún siendo de aplicaciones tan generalizadas, la actividad de la industria química a estado sujeta a una reconversión en los últimos años.

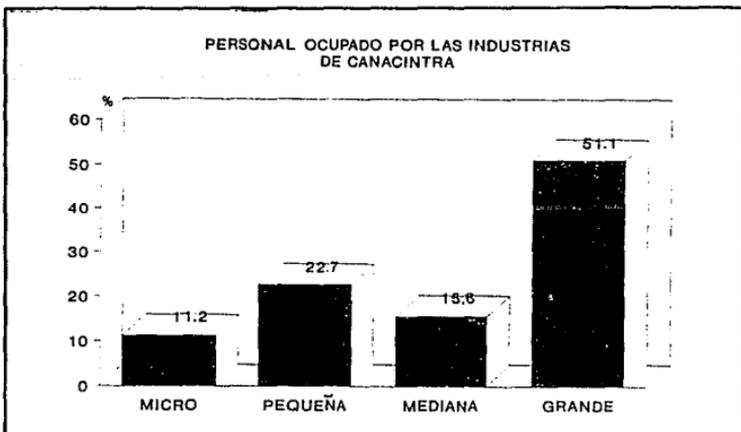
Vivimos una escasez de recursos y variaciones en los precios del mercado internacional que hace necesario una mayor eficiencia para impulsar la productividad, alta tecnología y rentabilidad para salir adelante.

En base a datos obtenidos por CANACINTRA en 1985, del total de la industria asociada en Cámara (75,602 establecimientos), el 78.8% corresponden a la microindustria; 15.8% a la pequeña; 3.3% a la mediana y 2.1% a la gran industria.



FUENTE: CANACINTRA

En cuanto a personas ocupadas en la industria de la transformación agrupadas en CANACINTRA, el 11.2% del empleo es generado por la microindustria que participa con el 22.6% del total de sueldos y salarios y realiza el 8.7% del total de las ventas netas del sector, en 1990.



FUENTE: CANACINTRA

Mientras que en la industria pequeña se encuentra el 22.7% del personal ocupado; en las empresas medianas se ocupa el 15.6% de los trabajadores y finalmente la empresa de mayor tamaño de ocupación al 51.1% de los trabajadores.

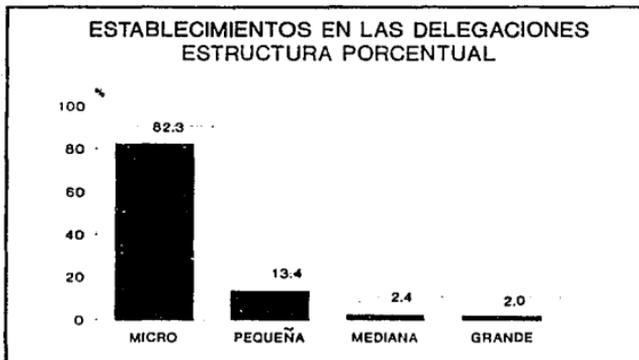
Para 1992-1994 será necesario que el sector aumente su oferta entre 5.7 y 6% cada año.

La información disponible sobre las 66 delegaciones que en 1985 tenía la Cámara, nos permite hacer las siguientes observaciones:

DELEGACIONES	MICRO	PEQUEÑA	MEDIANA	GRANDE	TOTAL
ESTABLECIMIENTOS	36,047	8,034	1,050	850	44,981
PERSONAL OCUPADO	483,553	307,855	173,324	347,086	1,311,818
*SUELDOS Y ●SALARIOS	328,127,631	205,172,312	163038583	394449264	1090787790
*VENTAS NETAS	612,521,985	1057341544	616734635	2464068740	4750666904

FUENTE: CANACINTRA

\* MILES DE PESOS ● NO INCLUYE PRESTACIONES



FUENTE: CANACINTRA

Al término de 1990 el coeficiente de inversión a producto interno bruto fue del 18.5%, cantidad que es menor a 9 puntos porcentuales al registrado en 1981.

## 12 DESARROLLO DE LA INDUSTRIA QUIMICA EN MEXICO.

La Industria Química ha sido tradicionalmente considerada como uno de los sectores de mayor crecimiento dentro del contexto general de la economía. En la segunda mitad de la década de los 70's existió un crecimiento en este sector a nivel mundial.

A pesar de las condiciones que afectaron el comportamiento económico nacional en 1989 la Industria Química aun logró mantener sus características de crecimiento. Así, la Industria registró una tasa de crecimiento real en el valor de su producción a precios de 1980 del 8.0%.

Esta tasa de crecimiento se situó a los niveles registrados en los años de 1982 y 1983 por lo que debe considerarse como un crecimiento importante al compararse la Industria Química con otros sectores industriales.

Los precios de diversos productos químicos registraron una variación de diciembre de 1988 a diciembre de 1989 del 16.8% inferior a la del índice nacional de precios al consumidor que se situó en 19.7%.

El cuadro presentado a continuación tiene por objeto describir y cuantificar en lo fundamental el comportamiento de la Industria Química a lo largo de los últimos años.

## MILES DE DOLARES

	1987	1988	1989
PRODUCCION	7'920,000	16'612,340	19'564,410
IMPORTACION	2'191,677	3'013,830	3'637,459
EXPORTACION	1'326,283	1'761,583	1'876,200
PARTICIPACION DE LA INDUSTRIA QUIMICA AL PIB X	4.5	4.7	4.2

FUENTE: INEGI, SISTEMA DE CUENTAS NACIONALES DE MEXICO.

Al finalizar 1985 la producción resultó superior al 8.16% respecto a la de 1985.

En el siguiente cuadro se enuncian los principales estados donde se encuentra localizada la mayor proporción de la industria química.

## DISTRIBUCION GEOGRAFICA

ESTADO	NUM. DE PLANTAS	
	1985	1988
Baja California	66	75
Coahuila	64	86
Chihuahua	50	55
Distrito Federal	1,659	1,502
Guanajuato	201	224
Jalisco	473	539
México	785	760
Michoacán	83	87
Nuevo León	378	420
Puebla	178	169
Querétaro	51	55
San Luis Potosí	64	80
Tamaulipas	56	80
Veracruz	105	100
Yucatán	92	146

FUENTE: INEGI

Actualmente, el índice de crecimientos se obtiene de manejar los precios al cierre de cada mes de un total de 74 productos, los cuales están agrupados en 6 grandes segmentos, según la ANIQ, y son los siguientes:

- Inorgánicos Básicos
- Petroquímicos Básicos
- Petroquímicos Intermedios
- Resinas sintéticas
- Fibras artificiales y sintéticas
- Hules sintéticos y negro de humo.

La Industria Química, como componente importante y dinámico de la economía nacional se encuentra en estrecha vinculación con su comportamiento y desarrollo. Es por ello que existe la necesidad de conocer, cuando menos, las principales variables que afectan la situación económica general, si se busca dar una idea del comportamiento de algunos indicadores básicos que se consideran indispensables para obtener una correcta ubicación en el contexto económico nacional y sus interrelaciones con factores internos y externos que afectan a la economía mexicana y por ende a la Industria Química. Por lo que se utilizan datos estadísticos proporcionados por la ANIQ en la descripción de los siguientes segmentos.

#### LA INDUSTRIA DE REFINACION.

Las reservas probadas de hidrocarburos líquidos para 1990, resultaron en 66.450 millones de barriles. La producción diaria de crudo se divide como sigue:

ZONAS	%
SURESTE	69.3
MARINA	24.2
CENTRO,	
NORTE Y SUR	6.5

FUENTE: ANIQ

La producción de gas natural fue 2.7% mayor que la obtenida en 1988 dado que se estimó en 3,571.1 MMPCA\*

ZONAS	%
SURESTE	54.1
MARINA	30.2
CENTRO, NORTE Y SUR	15.7

FUENTE: ANIG

El proceso total de refinación fue de 1'468,499 BDC\* de crudo fresco, líquido del gas (propano y más pesados).

#### INDUSTRIA QUIMICA INORGANICA BASICA.

La Industria cubre un sin número de productos, los cuales son el punto de partida para la fabricación de una gran cantidad de compuestos, necesarios todos ellos no sólo en la Industria Química, sino en muchas otras.

La producción de los principales inorgánicos en 1988 fue de 6'998,248 de toneladas, en 1989 fue del orden de los 7'392,588 toneladas.

#### INDUSTRIA PETROQUIMICA.

Al ser México un país rico en hidrocarburos provenientes del petróleo, la Industria Química derivada de este recurso, representa uno de los mayores pilares de la economía nacional.

La extracción, refinación y producción de petróleo y crudo y de los productos que constituyen esta industria están reservados en forma exclusiva al Estado.

\*NOTA: MMPCA: millones de pies cúbicos por año.

BDC: barriles diarios de consumo

A partir de 1988 se da una recuperación en la inversión pública privada. En el período 1983-1988 la inversión total acumulada en la industria asciende a 7,045 millones de dólares, 44% de la inversión efectuada entre 1977 y 1982.

En materia de establecimientos fabriles hasta octubre de 1990, se indica el predominio de micro y pequeñas empresas, abarcando el 90% del total de establecimientos. El 10% restante lo abarcan las empresas grandes y medianas, y son las que han crecido más dinámicamente en los últimos cuatro años.

#### INDUSTRIA PETROQUIMICA INTERMEDIA.

La capacidad instalada en diciembre de 1989 fue del orden de 1'943,100 toneladas por año, es decir un incremento del 12.8% respecto al año anterior.

La producción alcanzó en 1989 la cantidad de 1'421,514 toneladas, esto es, un incremento de 4.9% respecto al año anterior.

#### INDUSTRIA DE RESINAS SINTETICAS.

La Industria está integrada por más de 80 compañías. Este sector depende en gran parte de las importaciones de algunas materias primas, así como de productos auxiliares.

Durante 1988 la producción total de resinas fue de 1'077,193 toneladas y en 1989 ascendió a 1'147,183 tons. es decir, que hubo un aumento de 6.1%.

#### INDUSTRIA DE FIBRAS ARTIFICIALES Y SINTETICAS.

La industria está constituida por 8 empresas que operan 30 plantas. Las plantas están distribuidas en los siguientes estados: Jalisco, Estado de México, D.F., Nuevo León, Querétaro, Tamaulipas, Tlaxcala y Veracruz.

La capacidad total instalada en diciembre de 1989 era del

orden de 484,412 tons, correspondiendo 460,162 tons a las sintéticas y 24,450 a las artificiales.

Las fibras artificiales en 1989 mostraron un incremento en la producción de 9.3% con respecto a 1988. De igual forma, las fibras sintéticas mostraron un incremento en la producción de 9.3% con respecto a 1988. De igual forma, las fibras sintéticas mostraron un decremento del 6.5%.

FIBRAS QUIMICAS 1989 (TONS.)			
CLASE DE FIBRAS	PRODUCCION	IMPORTACION	EXPORTACION
RAYON TEXTIL	3 810	8 382.9	1 690
FIBRAS DE RAYON	5 893	8 721.8	2 192
FIBRAS DE ACETATO	17 354	34.7	6 486
FIBRAS ARTIFICIALES	23 247	8 756.5	8 678
NYLON TEXTIL	29 264	4 575.2	6 092
FIBRAS DE NYLON	50 874	4 866.2	10 813
POLIESTER TEXTIL	191 524	5 061.0	33 387
FIBRAS DE POLIESTER	198 923	5 307.5	36 289
TOTAL DE FIBRAS SINTETICAS	367 254	15 686.6	72 313

FUENTE: ANIQ

#### LA INDUSTRIA DEL HULE SINTETICO

Los hules tanto sintéticos como naturales, al igual que los hulequímicos, son productos cuya importancia para el desarrollo del país es grande, debido a que son materias primas de artículos como: llantas, bandas, cámaras, etc., las cuales son indispensables dentro del proceso económico, productivo y social, ya que son de uso común y generalizado.

Esta industria engloba dos grandes sectores:

- El sector productor de elastómeros, y
- El sector manufacturero.

Se entiende como industria de elastómeros, el conjunto de empresas y/o actividades que transforman productos petroquímicos y vegetales en hule y látex. Elaborando una amplia gama de hules sintéticos.

El sector manufacturero comprende a todas las empresas dedicadas a la fabricación de todos los productos terminados con hule entre los que destacan en primer plano la industria llantera.

El consumo aparente total fue del orden de 159,083 tons. durante 1989 de las cuales 99,398 tons. correspondieron a los hules y látex sintéticos, 64,116 tons. al negro de humo y 5,565 tons. a hulequímicos.

La producción total del sector durante 1989 fue aproximadamente de 263,367 tons. correspondiendo el 52.7% a los hules y látex sintéticos, el 45.1% a negro de humo y el 2.2% a hulequímicos.

La importación total del sector en 1989 fue del orden de 96,348 tons., de las cuales 14,709 tons. correspondieron a los hules sintéticos, 2,346 tons. a negro de humo, 911 tons. a hulequímicos, 68,314 tons. a hule natural y 10,068 tons. a látex natural.

Durante 1989 se exportaron aproximadamente 54,191 tons. de hules sintéticos, 57,000 tons. de negro de humo y 1,059 tons. de hulequímicos. Lo que llevo a tener un superavit de 15,902 tons.

#### INDUSTRIA DE ADHESIVOS.

La sección de fabricantes de adhesivos esta constituida por 65 empresas, de las cuales 32 son fabricantes de adhesivos y 33 son proveedores de materias primas.

Se ofrece a continuación el resumen del consumo aparente de adhesivos considerados de 1987 a 1989.

CONCEPTO (TON)	1987	1988	1989
PRODUCCION TOTAL	47,599	45,540	47,587
IMPORTACION TOTAL	254	863	1,708
EXPORTACION TOTAL	40	119	132
CONSUMO APARENTE TOTAL	47,813	46,284	49,163
% C. A.	3.0	3.2	6.22

FUENTE: ANIQ

Durante el año de 1989, la distribución por segmento de mercado de los adhesivos fue la siguiente:

PAPEL	55.9 %
CALZADO	18.5 %
MUEBLES Y	
MADERA	13.1 %
AUTOMOTRIZ	8.0 %
CONSTRUCCION	0.9 %
OTROS	4.5 %
<hr/>	
TOTAL	100.0 %

FUENTE: ANIQ

#### INDUSTRIA DE LUBRICANTES, ADITIVOS Y ESPECIALIDADES.

Para fabricar estos productos, todas las empresas consumen aceites básicos de Petróleos Mexicanos, que es el único fabricante nacional.

Los aceites terminados se formulan principalmente con aceites básico y con aditivos. Los aditivos, a su vez, son producidos con aceites básicos, algunos petroquímicos y otros productos.

Los aceites lubricantes son clasificados de acuerdo a estudios del American Petroleum Institute (API) sobre el grado de aditivación de un aceite, en estrecha relación con el servicio que presta.

#### LA INDUSTRIA DE AGROQUIMICOS

La industria de los productos agroquímicos destinados a incrementar la productividad agrícola y preservar su salud mostró en el año de 1989 variaciones importantes en su producción, como consecuencia de la situación de la agricultura en México.

Estos productos se dividen fundamentalmente en dos grandes grupos:

- Fertilizantes, y
- Plaguicidas.

Los fertilizantes son productos químicos que contienen principalmente nitrógeno, fósforo o potasio; cuya función principal es la de constituirse en fuente de nutrientes para las plantas.

Los plaguicidas son sustancias o mezclas de sustancias que se destinan a destruir, prevenir, controlar o repeler la acción de cualquier forma de vida animal o vegetal que perjudique a la planta.

Los fertilizantes nitrogenados y fosfatos son los de mayor consumo en el país.

La industria fabricante de fertilizantes está reservada exclusivamente al Estado.

Para el caso de los plaguicidas se ha tenido un control de precios desde 1982 lo cual generó una contracción de la industria y un deslizamiento al desarrollo de ella.

#### LA INDUSTRIA DE LOS COLORANTES Y PIGMENTOS

Los colorantes al igual que los pigmentos son productos muy importantes debido a que son materias primas de sectores tan variados como el textil, plástico, pinturas, alimentos, etc.

Esta industria engloba dos grandes grupos los cuales son:

- Sector de colorantes
- Sector de pigmentos

Estos dos sectores utilizan productos tanto orgánicos como inorgánicos.

El consumo aparente fue en 1989 de 56.686 tons.. de las cuales 8,869 a colorantes, 8,781 a pigmentos y 38,910 a dióxido de titanio.

La producción total del sector durante 1989 fue de 70,572 correspondiendo el 10.6% a los colorantes, el 11.9% a los pigmentos y el 77.5% al dióxido de titanio.

Las importaciones y exportaciones pueden darse en la siguiente tabla:

	TON
Exportaciones	21,447
Importaciones	7,435

FUENTE: ANIQ

#### INDUSTRIA DE LOS PRODUCTOS QUIMICOS PARA LA CONSTRUCCION

Esta industria está integrada por 20 empresas en las cuales se incluyen los proveedores de materias primas. Este grupo de industrias ha venido desarrollándose y creciendo como sector industrial mejorando con tecnología de primera línea.

Fabrican cuatro familias de productos que son:

- Aditivos para concreto
- Impermeabilizantes
- Selladores
- Auxiliares.

En 1988 se produjeron 137,737 tons. de estos productos y en 1989, 144,655 tons. dándose un incremento del 1.5%.

La participación de cada uno de estos sectores se puede apreciar en los cuadros siguientes:

#### ADITIVOS PARA CONCRETO

TONELADAS	1984	1985	1986	1987	1988	1989
PRODUCCION	9,040	12,268	11,268	12,329	11,566	11,616
IMPORTACION	762	572	1,058	765	831	734
EXPORTACION	509	352	278	622	302	239
C. APARENTE	9,393	13,085	12,048	12,472	12,095	12,111
INCTO. C. A. % (15.5)		40.8	(7.9)	3.5	(3.0)	0.1
CAP. INSTALADA	16,000	16,000	16,000	16,000	16,000	16,000

FUENTE: ANIQ

IMPERMEABILIZANTES

TONELADAS	1984	1985	1986	1987	1988	1989
PRODUCCION	70,247	75,178	79,452	86,160	62,617	62,595
IMPORTACION	182	113	170	2,259	4,401	40
EXPORTACION	0	0	0	0	0	0
C. APARENTE	70,429	75,291	79,622	88,419	67,018	62,995
INCTO. C. A. %	(17.3)	6.9	5.8	11.0	(24.2)	(6.0)
CAP. INSTALADA	170,000	170,000	170,000	170,000	170,000	170,000

FUENTE: ANIQ

SELLADORES

TONELADAS	1984	1985	1986	1987	1988	1989
PRODUCCION	9,039	12,866	11,268	12,329	11,566	11,836
IMPORTACION	104	182	230	790	631	0
EXPORTACION	473	106	542	241	52	0
C. APARENTE	8,670	12,942	10,956	12,878	12,145	11,836
INCTO. C. A. %	24.6	49.3	(15.3)	17.5	(5.7)	(2.5)
CAP. INSTALADA	9,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000

FUENTE: ANIQ

AUXILIARES QUIMICOS

TONELADAS	1984	1985	1986	1987	1988	1989
PRODUCCION	4,339	5,802	4,643	4,161	4,255	4,759
IMPORTACION	0	0	0	0	0	0
EXPORTACION	0	0	0	0	0	0
C. APARENTE	4,339	5,802	4,643	4,161	4,255	4,759
INCTO. C. A. %	(8.9)	33.7	(20.0)	(10.4)	2.3	11.8
CAP. INSTALADA	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000

FUENTE: ANIQ

## MEMBRANAS DE REFUERZO Y PREFABRICACIÓN

TONELADAS	1984	1985	1986	1987	1988	1989
PRODUCCION	42,360	41,137	53,215	64,161	55,671	53,849
IMPORTACION	0	0	4	0	4	2
EXPORTACION	0	0	0	0	0	0
C. APARENTE	42,360	41,137	53,219	64,161	55,675	53,851
INCTO. C. A. % (14.1)	(2.1)	29.4	20.6	(13.2)	(3.3)	
CAP. INSTALADA	75,000	75,000	75,000	75,000	75,000	75,000

FUENTE: ANIQ

## 1.3 IMPORTACIONES Y EXPORTACIONES DE LA INDUSTRIA QUIMICA.

En el marco de una política de apertura hacia el exterior iniciada en el sexenio anterior, la información sobre comercio exterior resulta de gran trascendencia.

A través del sistema generalizado de preferencias de los Estados Unidos de América, se beneficiaron más de 1000 productos de acuerdo a la lista vigente para el periodo del 1º de julio de 1989 al 30 de junio de 1990. Para el siguiente periodo de revisión, por medio de la ANIQ se presentaron las conclusiones y/o reincorporaciones de productos que fueron incluidos en las peticiones oficiales que el gobierno mexicano hiciera ante el representante comercial de los Estados Unidos y que esta en vigor a partir del 1º de junio de 1991.

En 1989 se firmó un nuevo acuerdo entre Estados Unidos y México en materia de comercio e inversión. El acuerdo de entendimiento entre ambos países contempla un "plan de acción" con la finalidad de guiar las discusiones bilaterales con miras a profundizar la relación comercial.

En el período de 1981-1990 las ventas al exterior de productos manufactureros crecieron hasta la suma de 14,789 millones al cierre de 1990, cifra que contrasta con los 3,400 millones de 1981.

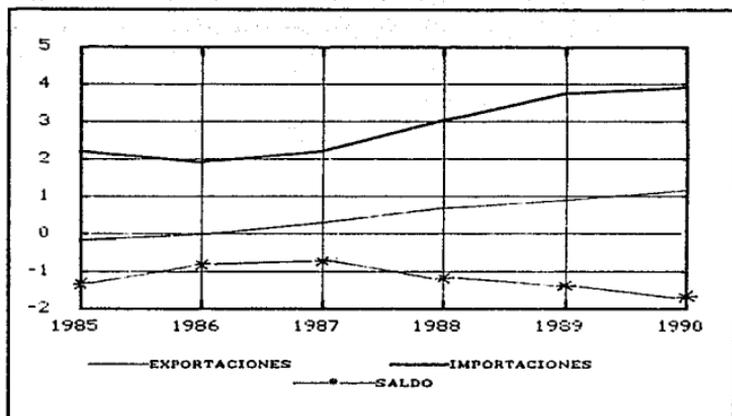
A continuación se muestra un cuadro comparativo de las exportaciones e importaciones de la Industria Química, durante el período 1985-1990:

VALOR DE LAS EXPORTACIONES E IMPORTACIONES  
DE LA INDUSTRIA QUIMICA  
(EN MILES DE DOLARES)

AÑO	EXPORTACIONES	IMPORTACIONES
1985	833,513	2'320,912
1986	995,136	1'962,285
1987	1'326,283	2'191,677
1988	1'761,583	3'013,830
1989	1'876,200	3'637,459
1990	2'097,725	3'881,700

FUENTE: INEGI

Como podemos observar en el cuadro anterior, las exportaciones en el período comprendido de 1985-1990, se incrementaron en un 40%, mientras que en el mismo período las importaciones se incrementaron en un 60%; un 20% por arriba de lo que el país exporta, lo que se ve reflejado en un saldo negativo de consumo de productos químicos nacionales. Lo cual se puede observar en la siguiente gráfica.

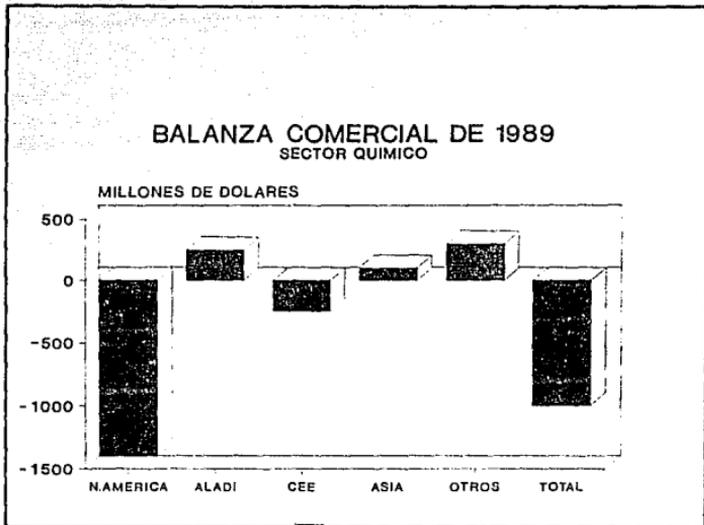


FUENTE: INEGI

La balanza comercial en la industria química registra un total de exportaciones de 1,751 millones de dólares. Las importaciones ascendieron a 2,778 millones de dólares, es decir que, la balanza arrojó un saldo negativo en 1989 por un total de 1,027 millones de dólares.

Las exportaciones de México hacia Estados Unidos en 1989 fueron de 576 millones de dólares mientras que las importaciones ascendieron a 1,925 millones de dólares, las cuales se orientaron durante este período principalmente hacia Estados Unidos, Argentina, Japón, Colombia y Brasil, manteniendo este orden de importancia.

Por otra parte los países de donde provinieron la mayor parte de importaciones del sector químico, además de los Estados Unidos, fueron: Alemania, Francia, Reino Unido, Japón y Brasil, en este orden.



FUENTE: SECOFI/ANIQ

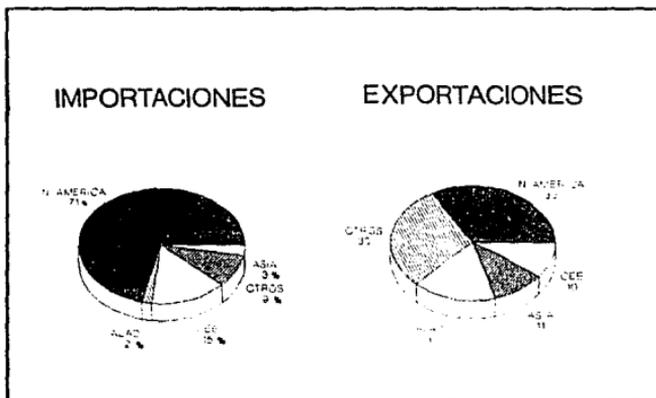
En el desglose de la participación de los flujos comerciales con las diferentes regiones, se observa que norteamérica absorbe una participación del 34% del total de las exportaciones comparado con un 71% del total de las importaciones.

En lo referente a la región de ALADI las exportaciones corresponden a un 16 % y al 2% de las importaciones.

Con la CEE participaron en las exportaciones de un 10% y un 15% de las importaciones.

En el intercambio comercial con los países seleccionados en Asia, la participación de las exportaciones corresponden a un 11% y a un 3% en importaciones.

GRAFICA DE DESGLOSE DE LAS IMPORTACIONES Y EXPORTACIONES  
 POR BLOQUE ECONOMICO A DIC. DE 1985



FUENTE: SECOFI/ANIQ

\*NOTA: ALADI= Bloque económico comprendido por los siguientes países: Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Chile, Ecuador, Paraguay, Perú, Uruguay, Venezuela.  
 ASIA= Bloque económico comprendido por los siguientes países: China, Corea del Sur, Hong Kong, Singapur, Taiwan, Japón.  
 CEE= Bloque económico comprendido por los siguientes países: RFA, Bélgica, Dinamarca, España, Francia, Grecia, Irlanda, Italia, Países bajos, Portugal, Reino Unido.  
 NORTEAMERICA: Bloque económico comprendido por los siguientes países: EUA, Canadá.

#### 1.4 APORTACION DE LOS PROCESOS QUIMICOS EN LA INDUSTRIA.

Es evidente que se vive una revolución tecnológica en el mundo, que está influyendo en forma decisiva en los aspectos políticos, sociales y económicos de todos los países. Dentro de este esquema la Ingeniería sufre el impacto de las rápidas transformaciones tecnológicas tanto en las necesidades que la industria demanda de sus profesionales, como de los requerimientos curriculares que se demanda de los mismos. Ante esta situación se presenta actualmente una inquietud por definir el papel de la 'Ingeniería Industrial-Química' en la revolución tecnológica, así como el enfoque que debe darse para enfrentar los retos del presente, como futuro inmediato.

La 'Química' tiene su razón de ser en el mundo de las transformaciones físicas y químicas usando los principios científicos de las ciencias básicas para llevar a cabo esas transformaciones, produciendo satisfactores sociales con incentivos económicos. Su papel en el desarrollo del país desde los años treinta ha sido fundamental en las industrias del petróleo, de fertilizantes, de celulosa, de los polímeros, del azúcar, de alimentos, de cementos, de cosméticos, entre otros; lo que ha hecho que el crecimiento porcentual de ellos supere el crecimiento del PIB nacional.

La Química tiene un lugar especial entre otras disciplinas por haber incursionado con éxito en los campos de diseño, construcción, instalación, producción, control, mercadotecnia y administración de la industria de proceso mexicano. Su rasgo fundamental característico es su capacidad de actuar interdisciplinariamente y su habilidad de resolver problemas: La Ingeniería Industrial posee una formación de ciencias básicas de varias disciplinas y se ejercita en el planteamiento y solución de situaciones buscando respuestas, innovaciones y descubrimientos pero se ha mantenido al margen en cuanto a la necesidad de conocer más la química para así obtener una herramienta básica y muy necesaria. Siendo tan rápidos los cambios en el desarrollo

tecnológico a nivel mundial, la fuerte competitividad en la reciente apertura de México a los mercados genera nuevos retos para los ingenieros los que tendrán que recurrir a toda su habilidad para esa continua y substancial contribución en los procesos químicos para ayudar al desarrollo de la sociedad mexicana.

El desarrollo de la industria mexicana y el necesario mejoramiento económico-social de la población van de la mano y encaran retos urgentes que se manifiestan en el trabajo mostrando que la química juega un papel decisivo en tres sectores principales: el Sector Productivo, el de investigación y en el de la formación de nuevas generaciones de Ingenieros Industriales en los que la calidad es un común denominador.

El sector productivo necesitará incrementar su calidad imponiéndola como estrategia de la productividad-competitividad; tendrá que invertir más en investigación y desarrollo tecnológico, la interacción con el sector educativo le permitirá tener personal más capacitado y los estímulos al trabajo técnico, equivalentes al trabajo administrativo, le permitirá tener frutos en la productividad de las empresas.

El sector de investigación tendrá que mejorar su eficiencia y eficacia, balanceando la proporción de la investigación básica y como una consecuencia de la investigación aplicada, jerarquizando prioridades y viabilidad, seleccionando los recursos humanos, lugares e infraestructura adecuados para cada proyecto, agilizando ejercicios presupuestales y aplicando técnicas de administración, a los proyectos de investigación aplicada.

La función de la educación es de gran importancia, necesaria en la calidad en licenciatura, caracterizada por un conocimiento claro y profundo de los principios básicos de los cambios físicos y químicos en los procesos y operaciones unitarias, por la habilidad para enfrentar y resolver nuevos planteamientos y por actitudes de asimilar, innovar y mejorar las tecnologías de producción, siendo de relevante importancia, por todo lo dicho anteriormente, conocer lo básico en la Química.

## CAPITULO 2

### DETERMINACION DE LAS INDUSTRIAS REPRESENTATIVAS DONDE INTERVIENEN PROCESOS QUIMICOS

#### 2.1 LA INDUSTRIA MANUFACTURERA.

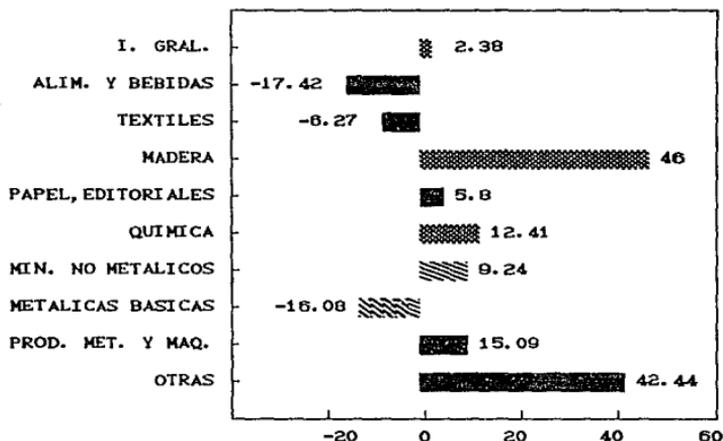
En el último año la industria Manufacturera ha sufrido un cambio muy importante. Siendo los dos factores causantes de esto:

- . Los cambios tecnológicos , y
- . la firma del tratado de Libre Comercio, iniciando con la apertura de fronteras.

Con lo cual la industria manufacturera ha sufrido grandes altibajas en las distintas ramas de la producción. Algunas Empresas han podido adecuarse a esta Revolución industrial, enfrentándose a nuevos retos; mientras que muchas de estas no han podido mantenerse a flote quedando fuera de las nuevas estructuras competitivas. Además, de que el sector externo afecta el crecimiento de las exportaciones y aumenta la competencia de consumo ante los productos nacionales.

En los últimos tiempos la Industria Química ha reflejado un importante crecimiento del 12.41%, mientras que otros subsectores han tenido una tasa de crecimiento negativa, como en el caso de productos alimenticios, bebidas y tabacos siendo esta del -17.42% esto se muestra en la siguiente gráfica.

### CRECIMIENTO DESIGUAL DE LA MANUFACTURA



FUENTE: INEGI Y BANXICO

En el año de 1987 a consecuencia de una creciente inflación en el país, la industria padeció incrementos en los costos de los insumos, incrementos en precios y contracción del mercado interno.

En la década de los ochentas la economía mundial se ha caracterizado principalmente por la globalización e interdependencia de los procesos productivos y comerciales que trascienden los límites de los mercados nacionales.

Como consecuencia de la globalización se ha intensificado la competencia por lo cual se requiere aprovechar al máximo las ventajas comparativas del país, así como el diseño de estrategias que favorezcan el crecimiento de la industria nacional mediante

el florecimiento de un sector exportador altamente competitivo\*.

En 1989 a consecuencia de la apertura comercial, se propiciaron cambios sustantivos en la estructura y monto del intercambio comercial externo, las exportaciones tienden a disminuir por la mayor competencia en variedad y bajo precio de los productos asiáticos y en el mercado interno se acelera el proceso importador.

En 1991 presentó un comportamiento favorable al presentado durante 1990. Presentando incremento en química, petróleo y sus derivados.

Ahora, cuando estamos en el camino para realizar una mejor productividad tomando como base la calidad, precio y tiempo de entrega debemos estar mejor capacitados para poder estar en la nueva competencia.

Por lo anterior podemos observar que los cambios son más rápidos y radicales en la industria mexicana, es por esto necesario conocer las industrias que forman parte del país.

La industria manufacturera esta segmentada, según la INEGI, en la siguiente forma:

- 1.- Subsector de Alimentos, bebidas y tabacos.
- 2.- Subsector de Textiles, prendas de vestir e Industria del cuero.
- 3.- Subsector de la Industria de la Madera y Productos de la Madera.
- 4.- Subsector de Papel, Productos de papel, Imprenta y Editoriales.
- 5.- Subsector de Substancias químicas y derivados del petróleo.
- 6.- Subsector de Productos de minerales no metálicos.
- 7.- Subsector de Industrias Metálicas básicas.
- 8.- Subsector de Productos metálicos, maquinaria y equipo.
- 9.- Subsector de Otras Industrias.

\*Nota: ESTE ES EL OBJETIVO DEL PROGRAMA NACIONAL DE MODERNIZACION INDUSTRIAL Y DEL COMERCIO EXTERIOR 1990-1994.

## 2.2 LA INDUSTRIA REPRESENTATIVA DONDE INTERVIENEN PROCESOS QUIMICOS

A continuación se mencionan algunas de las industrias donde intervienen procesos químicos.

### 2.2.1 SUBSECTOR DE ALIMENTOS, BEBIDAS Y TABACO.

La dimensión total de este subsector en lo que se refiere a inversión, empleados y ventas se cuantifica con la colaboración de proveedores y fabricantes. La Industria es proyectada cada año por la INEGI; y ésta a sufrido importantes cambios en todos los aspectos, especialmente en su estructura de ventas.

Dentro de esta industria podemos observar la intervención de procesos químicos para una diversidad de productos, tales como:

- Cerveza
- Alimentos en conserva
- Alimentos condimentados
- Vinos, etc.

La cerveza elaborada a partir de la cebada, hace su aparición en México en 1544. siendo Alfonso de Herrera el que recibe la autorización para producir cerveza en las Indias.

La Industria Cervecera no cobró importancia en México sino hasta a mediados del siglo XIX cuando empiezan a surgir algunos ensayos de fabricación de cerveza.

Fue así como se fundaron en 1825 la cerveceria de La Pila Seca y en 1849 la de La Candelaria, ambas de corta vida. En 1860 se estableció la Cerveceria San Diego en la Ciudad de México, que operó hasta 1889. En 1865 comenzó a operar la compañía cervecera Toluca y México, primera en fabricar en el país cerveza de fermentación baja, del tipo de la cerveza mexicana que se elabora en la actualidad.

La totalidad de los ingredientes empleados en la elaboración de la cerveza son naturales. El alcohol y el gas carbónico que contiene surgen espontáneamente durante el proceso.

La Industria Cervecera mexicana se encuentra entre las de mayor contenido nacional. Todos los ingredientes del producto final se cultivan o se hacen en México, excepto el lupulo el cual da un delicado aroma y un sabor tenuemente amargo, que contribuye a la estabilización y a la permanencia de la espuma. Del mismo modo todos los envases y empaques son de manufactura nacional.

Hay un número importante de fábricas trabajando para la industria en las ramas del vidrio, lámina, cartón corrugado y etiquetas. Contemplada en forma integral, la industria está entre las más importantes en México por su volumen de producción y por la generación de empleos siendo la principal fuente de ingresos de cientos de miles de familias en el campo y las ciudades.

En resumen, la industria cervecera contribuye en forma destacada al progreso social y económico en México.

A pesar de que la industria ha vendido sus productos al extranjero desde hace más de 50 años, no se puede hablar de exportaciones significativas de cerveza mexicana sino hasta la década de los ochenta. La cantidad exportada pasó, de menos del 2% del total de la producción de 1982 a más del 19% en 1991.

#### 2.2.2. SUBSECTOR DE TEXTILES, PRENDAS DE VESTIR E INDUSTRIA DEL CUERO.

##### - Industria Textil

En el marco económico nacional a nivel sectorial, la industria textil ha observado una dinámica heterogénea, en su participación en el PIB de la industria manufacturera ha disminuido del 6.3% en 1980 a 5.4% en 1989; en el período 1983-1988, el comercio exterior de la industria textil y del vestido tiene una evolución satisfactoria mostrando saldos con superávit en su balanza

comercial.

En 1989 a consecuencia de la apertura comercial se propiciaron cambios sustantivos en la estructura y monto del intercambio comercial externo, las exportaciones tienden a disminuir por la mayor competencia en variedad y bajo precio, de los productos asiáticos y en el mercado interno se aceleró el proceso importador, lo que provocó el saldo deficitario de la balanza comercial textil.

Para 1990 se tuvo como meta fortalecer los puntos fuertes de la industria para lograr una mayor penetración en los mercados internacionales, a través de mejorar sistemas de comercialización y utilización de los programas financieros y promocionales implementados por el Gobierno Federal.

Las principales características de la producción y consumo de fibras, observadas en el año de 1991 son las siguientes:

- En la estructura del consumo de fibras químicas para el uso de textiles con un total de 63.3%, el algodón con 35.42% y la lana base limpia con 1.22%.

En esta industria podemos observar la utilización de los Polímeros para la fabricación de las fibras artificiales. En el cuadro siguiente se muestran algunos productos los cuales son los de mayor producción.

PRODUCTOS	MILES DE TONELADAS (1990)
ACETATO DE CELULOSA	18.5
ACRILICAS	101.2
ELASTROMERICAS	1.1
POLIAMIDICAS	59.1
POLIESTERES	226.4

FUENTE: INEGI

### 2.2.3 SUBSECTOR DE SUBSTANCIAS QUIMICAS Y DERIVADOS DEL PETROLEO.

#### - Petroquímica básica.

Como podemos observar gran parte de la economía mexicana se encuentra constituida por la extracción, refinación y la producción de diversos productos del petróleo. La producción de productos derivados de los hidrocarburos asciende a 1'142,747 millones de pesos en 1989.

Dentro de los productos de la petroquímica Básica podemos mencionar el Acrilonitrilo, Aromáticos, Amoniaco, Etileno y Polietileno entre otros. Por ejemplo, las exportaciones de Amoniaco son en 1990 de un total de 513,856 miles de Toneladas. A continuación mostramos un cuadro donde podemos observar la producción de los Principales Petroquímicos Básicos en nuestro país.

VOLUMEN DE PRODUCCION  
PETROQUIMICA BASICA  
1990

PRODUCTOS	MILLONES DE PESOS
BENCENO	321 217
METANOL	53 529
PENTANOS	196 622
TETROMERO	102 883
TOLUENO	300 322
ORTOXILENO	70 723

FUENTE: INEGI

#### - Química Básica

Dentro de esta rama se puede obtener diversidad de productos de gran importancia como lo son:

- . Colorantes y Pigmentos
- . Gases Industriales
- . Productos Químicos Básicos

Los Colorantes y pigmentos son utilizados en diversas industrias como por ejemplo: en la de los cosméticos. La producción de los colorantes y pigmentos se pudo registrar un total de 7.7 miles de toneladas durante 1990, teniéndose una capacidad instalada para producir 13.7 miles de toneladas. Para la obtención de estos diversos productos son utilizados varios químicos.

En los gases industriales podemos observar la obtención de:

Nitrógeno

Oxígeno

Hidrógeno

Para la fabricación de Fertilizantes y abonos también son utilizados los procesos químicos por los cuales se obtienen, entre otros, los fertilizantes nitrogenados tales como los Fertilizantes complejos, Fosfato de Amonio, Nitrato de Amonio, Sulfato de Amonio, Urea, etc.

En estos productos podemos observar que las exportaciones tienen un total de 834.6 miles de toneladas durante 1990 dándose una balanza comercial positiva pues las importaciones solo fueron de 7.7 miles de toneladas. En los Fertilizantes podemos considerar que tenemos una de las ramas productivas que realizan un gran papel dentro de la economía Mexicana.

Dentro de los procesos químicos que se utilizan para la fabricación de fertilizantes podemos mencionar: Fosfatización, Sulfonación y la Nitración.

- La Industria Farmaceutica.

El derecho a la salud es una garantía constitucional y lograr las condiciones propicias para que todos los mexicanos puedan disfrutarla es preocupación fundamental de los sectores público y privado quienes realizan sus mejores esfuerzos por procurar su preservación o recuperación.

La importancia del papel que desempeña la industria farmacéutica como factor principal para alcanzar el objetivo del goce pleno del derecho a la salud, sólo puede medirse a través de las cifras que revela su vitalidad que, por otra parte, la hace ocupar un lugar destacado en el contexto industrial.

En el siguiente cuadro podemos observar la producción de la industria farmacéutica en México en los últimos tiempos.

PRODUCTO INTERNO BRUTO  
DE LA INDUSTRIA FARMACEUTICA

AÑO	MILLONES DE PESOS
1985	218 905
1986	423 740
1987	1 324 270
1988	2 588 364
1989	3 125 530

FUENTE: INEGI

Se puede determinar un 11.75% de la producción bruta de la Industria Manufacturera, teniendo un total de 329 plantas en el país dedicadas a esta actividad en 1988.

En estos productos son utilizados para su obtención procesos químicos, y por medio de estos poder obtener alguno de los numerosos productos como lo son:

- Antibióticos
- Alcohol y sus derivados
- Analgésicos, etc.

### CAPITULO 3

## SELECCION DE PROCESOS QUIMICOS QUE INTERVIENEN EN LAS INDUSTRIAS REPRESENTATIVAS

La industria Química es una industria dinámica, ya que continuamente se investigan y ponen en práctica nuevos procesos para el mejoramiento de la calidad de los productos existentes, la creación de productos novedosos o bien, la permanente optimización de la producción mediante innovaciones de procesos e implementación de nuevas técnicas.

Es una industria interrelacionada con otros sectores de transformación, fundamentalmente en el campo de aditivos, productos químicos y catalizadores, en donde se ha establecido una simbiosis que ha fructificado para el desarrollo de los campos productivos involucrados.

La industria Química como casi todas las actividades del quehacer industrial, es también un reto que ha aumentado los cambios económicos, políticos y sociales a nivel mundial.

Dadas las características anteriores de la industria química, es importante conocer los procesos representativos que intervienen en ella, ya que de estos se parte para la obtención de muchos productos. Los procesos químicos representativos desde nuestro punto de vista, son los siguientes:

- Hidrogenación
- Oxigenación
- Nitración
- Sulfonación
- Fosfatización
- Halogenación
- Hidrólisis
- Fermentación
- Polímeros o Plásticos
- Química del Petróleo

### 3.1 HIDROGENACION

#### 3.1.1 EL HIDROGENO

El hidrógeno puro en la naturaleza se encuentra en pocas cantidades; ya sea expulsado de los volcanes o de los manantiales de petróleo. Combinado abunda muchísimo, por lo general se encuentra combinado con otros elementos químicos, formando parte de la composición de los alimentos, del agua, de las fibras textiles, en los tejidos tanto de los animales como de los vegetales, de los hidrocarburos, de ácidos y alcoholes, etc.

Sus propiedades más importantes son:

- es un gas incoloro, inodoro e insípido,
- es poco soluble en el agua y bastante buen conductor del calor y la electricidad,
- es la substancia más ligera que se conoce (pesa 14 veces menos que el aire) lo que lo hace a la vez ser muy difusible; permitiéndole atravesar las paredes o membranas porosas con mayor facilidad que los demás gases; especialmente cuando se encuentra a presiones elevadas,
- es muy inflamable, por lo que es muy peligroso que éste sea tan difusible,
- tiene gran afinidad por el oxígeno. lo que lo hace un cuerpo muy reductor; pues se apodera del oxígeno de las substancias que lo contienen para formar agua. Además de que forma una mezcla detonante que con una simple chispa eléctrica explota, produciendo temperaturas hasta de 2500°C, las cuales son aprovechadas en la soldadura oxhídrica,
- posee un alto poder calorífico, pues tan sólo un gramo es capaz de producir 32kcal,
- es muy corrosivo a presiones y temperaturas elevadas.

En los últimos años a aumentado la importancia del hidrógeno en la industria química, por lo que se le ha empleado como

materia prima. Las aplicaciones más importantes de éste, son las siguientes:

- en química se le emplea como reductor,
- en la industria metalúrgica para obtener la llama del soplete oxhídrico, que alcanza elevadísimas temperaturas aprovechadas para cortar metales utilizados por ejemplo, en la joyería,
- se emplea en diversos procesos industriales de hidrogenación, por ejemplo: de grasas insaturadas para obtener la mayoría de los substitutos de la mantequilla y de la manteca animal, para obtener grasas sólidas y semisólidas de los aceites de la semilla de algodón, del coco, y de muchos otros aceites tanto animales como vegetales; por ejemplo de el de las ballenas para elaborar grasas no comestibles para utilizarlas en la elaboración de aislantes y lubricantes, etc.

### 3.1.2. PROCESO DE HIDROGENACION

Se llama hidrogenación al proceso en el cual el hidrógeno se combina en todas sus formas, principalmente con los compuestos orgánicos no saturados en presencia de un catalizador.

A tal combinación o adición de hidrógeno se le llama también reducción. En la cual, el hidrógeno debido a su acción puede eliminar tanto el oxígeno como el azufre, el carbono, y los halógenos, entre otros elementos. De entre éstas reducciones se forma el amoníaco, el ácido sulfhídrico, el metano o haluros de hidrógeno, etc.

Para reducir algún compuesto existen distintos procedimientos, como son:

- a) Con metales en disolución acuosa ácida o básica,
- b) Con metales alcalinos en soluciones alcohólicas,
- c) Por electrólisis, y
- d) Con hidrógeno molecular.

De entre estos procesos, el más comunmente empleado por su importancia dentro de la industria, es la reducción catalítica

con hidrógeno. En tal reducción se presentan diversos tipos de hidrogenación catalítica, en los cuales se dan 4 tipos de reacciones:

- 1) Reducción de un enlace etilénico,
- 2) Reducción de un grupo carbonilo a alcohol o a hidrocarburo,
- 3) Reducción de un grupo carboxilo a alcohol, e
- 4) Hidrogenólisis o reacciones que implican rotura de la molécula al adicionarse hidrógeno.

La primera aplicación industrial que se le dió al proceso de hidrogenación fué para endurecer grasas, es decir: solidificar las grasas líquidas.

Los principales tipos de aceites que se endurecieron en los inicios de esta industria, fueron el aceite de soya y el de la semilla del algodón, que se emplearon para producir grasas para la industria de confitería y para producir margarina.

En la actualidad, esta industria se ha desarrollado enormemente y se ha convertido en una de las de mayor relevancia industrial. Ampliando sus aplicaciones a hidrogenar todo tipo de aceites, es decir, tanto aceites de tipo vegetal y animal, como de pescado.

El tipo de grasas que se obtiene al hidrogenar los aceites vegetales (linaza, soya y semilla de algodón), de pescado y de ballena, son: comestibles y no comestibles.

Las grasas comestibles se emplean para:

- la elaboración de cremas y recubrimiento de pasteles,
- en la industria de confitería y del pan, y
- principalmente como sustituto de la manteca de cerdo y de la mantequilla.

Las grasas no comestibles se emplean:

- casi en su totalidad, para producir jabón,
- en menor proporción en la preparación de algunos cueros,
- en la fabricación de pinturas,

- en la elaboración de ungüentos farmacéuticos,
- en la fabricación de velas,
- en la producción de aislamientos eléctricos, etc.

### 3.1.3 APLICACIONES DE LA HIDROGENACION

Conforme ha avanzado la tecnología y han aumentado las necesidades del ser humano, el proceso de hidrogenación, también se ha ido mejorando y ampliando su campo de aplicación. Por ejemplo:

- en la síntesis del metanol, de alcoholes superiores e hidrocarburos a partir del gas natural,
- para producir una amplia variedad de productos químicos orgánicos, al hidrogenar el monóxido de carbono a alta presión,
- la hidrogenación del petróleo, el carbón y la hulla, que permite aprovechar y conservar las reservas de petróleo. así como también transformar el carbón a combustible líquido,
- reducción de los ácidos grasos de cadena larga a alcoholes,
- la hidrogenación del nafteno, el fenol y de los cresoles que producen tetralina y decalina, hexalina o ciclohexano y ciclohexanón, y metilhexalina correspondientemente. Tales productos son empleados como disolventes de: el alcanfor, los aceites, las grasas, de las resinas naturales y sintéticas, de las ceras y del caucho. Así como también, se utilizan para la fabricación de jabones y detergentes especiales.

En nuestros días el proceso de hidrogenación se utiliza tanto en la industria alimenticia, como en la de jabones y detergentes, también en la de productos químicos sintéticos. Por lo que está considerado como uno de los procesos más útiles dentro de la síntesis orgánica.

Sin embargo, a pesar de su gran importancia, presenta algunos problemas, de lo que depende su aplicación en la industria orgánica. El principal problema, es el costo tan elevado para producir el hidrógeno, que es la materia prima básica para llevar a cabo éste proceso.

### 3.1.4 PRODUCCION DE HIDROGENO

El principal problema que enfrenta la hidrogenación es el abastecimiento de hidrógeno. El cual, para poderlo trasladar a las instalaciones donde se requiere; cuando la cantidad de hidrógeno es pequeña se puede lograr en botellas de acero, donde se conserva con los grados de pureza necesarios para llevar a cabo el proceso. Pero cuando las operaciones a realizar con hidrógeno ya son a escalas industriales, el problema va más allá de su producción y su traslado, pues se necesitan instalaciones para su tratamiento, almacenamiento, compresión y purificación.

La primera vez que se produjo hidrógeno en grandes cantidades fué cuando se fabricaron los primeros globos y dirigibles. Más sin embargo, al comenzar a desarrollarse la industria de endurecimiento de grasas, el problema de producción del hidrógeno se hizo más patente. Y así, como ésta industria, muchas otras se han ido desarrollando y expandiendo a tal grado que la demanda de hidrógeno ha crecido a un nivel que en nuestros días es posible que cada una de dichas industrias posean su propia instalación para obtenerlo.

Ahora hay que tener presente, que del bajo costo de obtención del hidrógeno dependerá el desarrollo de estas industrias y el de que surjan otras nuevas.

Los métodos empleados de mayor importancia para producir el hidrógeno son los siguientes:

- a) Obtención del hidrógeno a partir del gas de agua y vapor de agua.
- b) Por licuefacción del gas de agua o del gas de coquerías.
- c) A partir de los hidrocarburos.
- d) Por electrólisis del agua, y
- e) Por reacción del hierro con vapor de agua.

El de mayor utilidad e importancia industrial para obtener el hidrógeno, es el método del gas de agua y vapor de agua, además de ser el más económico para producirlo en forma continua.

## -OBTENCION DEL HIDROGENO A PARTIR DEL GAS DE AGUA Y VAPOR DE AGUA

Las materias primas utilizadas en este método para obtener el hidrógeno son muy baratas y son: carbón o coque, vapor y aire. Así, el gas de agua está compuesto por los siguientes elementos: hidrógeno en un 49.2%, monóxido de carbono en un 41.3%, y por cantidades más pequeñas de nitrógeno, dióxido de carbono, metano y oxígeno.

El proceso de obtención consiste en hacer reaccionar por medio de un catalizador el monóxido de carbono con el gas de agua, formándose así hidrógeno y dióxido de carbono. Este último se separa fácilmente del hidrógeno al lavarlo con agua a presión. Esta operación permite obtener casi exclusivamente hidrógeno. Posteriormente se purifica; en caso de ser necesario, para eliminar las pequeñas cantidades de otros gases, como el monóxido de carbono. Tal purificación consiste en lavar el hidrógeno en una solución amoniacal de sales de cobre, para después, almacenarlo en gasómetros. De éstos se extrae de acuerdo a las necesidades de la substancia a hidrogenar, conduciéndolo hasta los compresores; puesto que el hidrógeno se utiliza a altas presiones.

Este método de gas de agua, además de ser empleado para obtener hidrógeno, se utiliza en la síntesis del amoníaco, en la del metanol, en la de los alcoholes superiores y también en la hidrogenación de carbones y alquitranes para producir combustible para motores.

Ya se ha mencionado el método más recomendable y más económico para obtener el hidrógeno y, también sus principales propiedades y características, de acuerdo con las cuales para poder trabajar con él, hay que considerar ciertos aspectos. Los principales son:

- Por ser un gas muy difusible debido a su bajo peso molecular se deben de tomar extremas precauciones para evitar que existan fugas de éste, puesto que es bastante inflamable y su combinación con el oxígeno que se encuentra en el aire puede provocar una

explosión.

- La acción del hidrógeno depende de si es atómico o molecular, del metal con que esta hecho el recipiente donde se almacene o en el que se va a trabajar y, de la temperatura y presión. La cual resulta ser muy corrosiva especialmente a temperaturas y presiones elevadas.

Por lo que generalmente el hidrógeno se suele depositar en vasijas y trabajar en reactores de aceros aleados, especialmente de cromo-vanadio y de cromo- vanadio con aluminio o níquel, por ser estos los más eficientes para contrarrestar la acción del hidrógeno así como para evitar su filtración y aguantar las elevadas presiones y temperaturas a las que se ve sometido.

### 3.1.5 TIPOS DE HIDROGENACION

\* Hidrogenación de los enlaces etilénicos a parafínicos.

Este tipo de hidrogenaciones de los enlaces etilénicos a parafínicos casi siempre se llevan a cabo en fase vapor, al hacer pasar el hidrógeno y el compuesto sobre un catalizador; que se mantiene a una temperatura adecuada. Los catalizadores que se suelen emplear en este caso son: de níquel, de platino o paladio. Los productos que se suelen obtener por está hidrogenación son:

- + de los compuestos aromáticos a baja presión: ciclohexano, metil y etilciclohexano, etc.
- + de los compuestos aromáticos a altas presiones, en un 100%: ciclohexano, metil, dimetil, trimetil y propilciclohexano, etc.
- + de la reducción de alcoholes y cetonas: alcohol propílico, dibencilcetona, ciclohexanol, etc.
- + de la reducción de ésteres y ácidos no saturados: ácidos butíricos, esteáricos, acetatos de ciclohexiletilo, entre otros.

\* Hidrogenación de los grupos carbonilo.

El grupo carbonilo se encuentra presente en los ésteres, aldehidos, ácidos y cetonas, los cuales al ser sometidos al

Proceso de hidrogenación en presencia de catalizadores forman grupos hidroxilos o hidrocarburos.

El monóxido de carbono es el compuesto más representativo de este grupo. Su hidrogenación permite sintetizar hidrocarburos, alcoholes, cetonas y ácidos, para apartir de estos obtener:

+ de la reducción de hidrocarburos: metanol, metano, petróleo sintético y sus derivados (etano, propano, butano, queroseno, parafinas, etc.).

+ de la reducción de aldehidos y alcoholes: alcohol etílico, heptílico, bencílico, etc.

+ de la reducción de cetonas a alcoholes: alcohol isopropílico, hidroquinona, dietilcarbinol, etc.

\* Hidrogenación de ésteres y ácidos.

Para lograr la hidrogenación de este grupo carboxilo se debe de trabajar a presiones de alrededor de las 100 atm y utilizando catalizadores moderados para así obtener su correspondiente grupo hidróxilo. Algunos de los productos obtenidos de esta reducción son: el metanol, alcoholes etílicos, propílicos y butílicos, acetato de etilo, alcohol laurílico, etc.

\* Hidrogenólisis con rotura de las cadenas por los enlaces carbono-oxígeno y carbono-carbono.

La hidrogenólisis es una reacción secundaria de la hidrogenación, parecida a la hidrólisis, alcoholólisis o a la amonólisis, en la cual, se producen en particular el rompimiento de enlaces adicionando al mismo tiempo hidrógeno a la molécula. Este rompimiento de enlaces permiten eliminar en forma más sencilla y económica substancias como el azufre, nitrógeno u oxígeno de productos hidrogenados como el petróleo, alquitrán y carbón, para obtener productos de hidrocarburos parafínicos. Para llevar a cabo la hidrogenólisis hay que aumentar la temperatura y la presión, y utilizar catalizadores más enérgicos que los empleados en la hidrogenación.

Algunos de los productos obtenidos por este procedimiento son: el etano y etanol, propil y butil-benceno, etc.

### 3.1.6 CONDICIONES DE PRESION TEMPERATURA Y TIEMPO DE LAS REACCIONES DE HIDROGENACION

En este punto se enunciaran las principales condiciones de tiempo, presión y temperatura, necesarios para que sea posible lograr las reacciones de hidrogenación.

\* Temperatura.- Es uno de los factores que más influyen en las reacciones de hidrogenación, ya que un aumento de ésta puede hacer cambiar totalmente su sentido, de manera tal que el producto que se obtenga sea diferente a lo deseado. Además, de que la temperatura afecta tanto la velocidad de reacción; permitiendo que en un tiempo dado se obtenga un mayor volumen de la substancia a producir, como su posición de equilibrio; de tal forma que su rendimiento final puede disminuir. Por lo que generalmente se recomienda trabajar a temperaturas lo más bajas posibles, en las que no se afecte su posición de equilibrio. Es decir, que no superen los 400°C. A partir de esta condición, que es la más importante, la temperatura de trabajo dependerá del tipo de catalizador que se vaya a emplear. Por ejemplo: con el platino o paladio la temperatura puede variar desde la ambiente hasta los 500°C, si es de níquel o cobre de 150 hasta 250°C, y si son combinaciones de metales con óxidos metálicos, de 250 hasta 400°C.

\* Presión.- También afecta tanto la velocidad de reacción, así como su posición de equilibrio, sólo que en este caso, ésta última de manera favorable. Al aumentar la presión se aumenta la velocidad y se mejoran los rendimientos de equilibrio aunque disminuye el volumen.

Cabe señalar que para determinar la presión de trabajo para que se lleve a cabo la reacción de hidrogenación, hay que tener

presente que substancia es la que se va a someter a este proceso y el tipo de catalizador a emplear, pues dependiendo de éstos últimos, será la presión aplicada; a base de estar experimentando, ya que no existen reglas que ayuden a determinarla de otra manera.

\* Tiempo.- Este factor de reacción de hidrogenación, depende primeramente de la substancia que se va a someter a este proceso, y del catalizador a emplear, posteriormente de la temperatura y presión a aplicar. El cual puede variar desde unos cuantos segundos hasta varias horas. Por lo general, mientras más reactivos sean los compuestos con los que se va a trabajar más rápida será la reacción.

\* Velocidad.- Este factor es consecuencia de los tres anteriores, pero no por esto de menor importancia, puesto que dependiendo de la velocidad de hidrogenación será el tipo de instalación o aparato a emplear para que ésta se lleve a cabo. Si es lenta la velocidad de reacción se utilizan reactores tipo 'obus' y si es rápida se utilizan aparatos de paso continuo.

### 3.1.7 TIPOS DE CATALIZADORES

Ya se han mencionado los aspectos más relevantes para que se lleve a cabo la hidrogenación y que tipos de ésta existen. También que es esencial utilizar catalizadores en ella. Ahora mencionaremos cual es su objetivo del catalizador en el proceso de hidrogenación y los principales tipos de catalizadores empleados en el proceso.

El objetivo principal de los catalizadores en la hidrogenación es realizar tan rápidamente como sea posible la reacción del hidrógeno con la substancia a someterse a este proceso.

Existe una gran variedad de catalizadores empleados en la hidrogenación, a los cuales se les clasifica de la siguiente

manera:

\* Catalizadores energicos de hidrogenación.

Este tipo de catalizadores son empleados cuando se requiere trabajar con la mayor adición posible de hidrógeno a la substancia que se ha de hidrogenar, pero siempre vigilando la presión y temperatura, y las demás condiciones de operación de acuerdo con lo que se pretende obtener en tal proceso, ya que los catalizadores de este grupo con los compuestos orgánicos tienen la tendencia de producir cracking. Los catalizadores más empleados son los de níquel, cobalto, hierro y óxidos o sulfuros de molibdeno y wolframio. En especial el de níquel se utiliza para hidrogenar los enlaces acetilénicos y etilénicos, aldehidos, cetonas, compuestos nitro, nitrilos, oximas y núcleos bencénicos y pirudínicos.

\* Catalizadores suaves de hidrogenación.

Los catalizadores suaves efectúan tan rápido las hidrogenaciones al igual que los catalizadores energicos, con la única diferencia que los suaves no provocan que la reacción vaya más allá de lo deseado o cuando menos que se llegue a la formación de hidrocarburos. Estos catalizadores son empleados para cuando se quieren hidrogenar por ejemplo: un aldehido o una cetona a alcohol, un ácido o un éster a alcohol. Los catalizadores más utilizados en la reacción de hidrogenación son los de paladio y sus óxidos, y los de platino.

\* Catalizadores para reacciones distintas de las de hidrogenación

Esto no quiere decir que no se lleve a cabo el proceso de hidrogenación, sino que además de esta reacción se lleva consigo otra. Esta otra reacción puede ser de condensación o de deshidratación. La de condensación se utiliza cuando se quieren obtener alcoholes superiores y los catalizadores empleados son suaves, con la única variante que pueden contener algunas substancias alcalinas como carbonato sódico, cálcico o bórico u óxidos de aluminio o de magnesio. Los catalizadores empleados cuando se da al mismo tiempo la deshidratación, son energicos,

pero además contienen gran cantidad de catalizadores de deshidratación, por ejemplo: alúmina, óxido de torio, óxido volfrámico u óxido crómico. Los cuales son utilizados cuando se quiere reducir fenol a benceno y los cresoles a hidrocarburos aromáticos.

\* Catalizadores de sulfuros.

Estos catalizadores son utilizados cuando se quiere hidrogenar compuestos con azufre, oxígeno y nitrógeno y, se necesita eliminar las impurezas que suelen en ocasiones contener la materia prima; que por otro procedimiento no se lograría o resultaría más caro. Estos catalizadores son el sulfuro de molibdeno y el disulfuro de volframio.

### 3.1.8 INSTALACIONES PARA LA HIDROGENACION

Para el traslado del hidrogeno, como elemento base, para las pequeñas cantidades se puede trasladar en botellas de acero, donde se puede mantener el gas con un grado de pureza suficiente para poder satisfacer las necesidades de los procesos. Pero en escala industrial, es donde se encuentra un gran problema tanto en la producción, como en su purificación, tratamiento, almacenamiento y compresión.

En las instalaciones, el hidrógeno a presiones y temperaturas elevadas es muy corrosivo por lo cual deben de ser de acero aleado más resistente empleándose cromo-vanadio en los reactores de hidrogenación que trabajan a grandes presiones. Estos aceros llevan por término medio un 0.30% de carbono, un 2% de cromo y un 0.02% de vanadio.

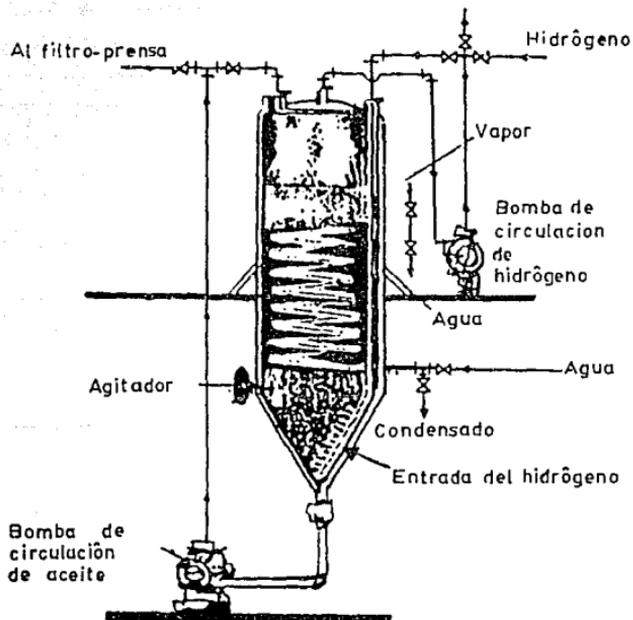
El costo de este proceso depende de la situación y proximidad a las fuentes de combustible y energía, el volumen de producción de la instalación, de la pureza del hidrógeno que ha de obtenerse, la presión a que ha de emplearse y el tipo de proceso por el que se efectúe la obtención.

### 3.1.9 EJEMPLO ILUSTRATIVO DEL PROCESO

A continuación se explica brevemente un ejemplo de hidrogenación y se ilustra en el siguiente esquema.

#### HIDROGENACION DE GRASAS.

- LA HIDROGENACION DE LAS GRASAS COMPRENDE VARIOS PASOS:
- 1) GENERACION DEL HIDROGENO. - PARA LOGRARLO, SE PUEDE UTILIZAR EL METODO DE DESCOMPOSICION DEL VAPOR DE AGUA O EL DE ELECTROLISIS DEL AGUA. ESTE HIDROGENO DEBE DE SER DE UNA PUREZA EXTREMA PARA EVITAR QUE LAS IMPUREZAS DE  $SO_2$ ,  $SH_2$  O  $S_2C$ , ETC. ENVENENEN EL CATALIZADOR INUTILIZANDOLO.
  - 2) PREPARACION DEL CATALIZADOR. - EL CATALIZADOR COMUNEMENTE UTILIZADO EN LA INDUSTRIA ES EL NIQUEL. ESTE ES PREPARADO POR VIA HUMEDA, DICHA PRERACION CONSISTE EN LA REDUCCION DE FORMIATO DE NIQUEL. EL NIQUEL ES SEPARADO POR FILTRACION, EN UN FILTRO PRENSA. DONDE SE LAVA CON EL FIN DE ARRASTRAR TODAS LAS IMPUREZAS QUE LLEVA INTRAFORMADAS, PUESTO QUE ESTAS ANULAN LA ACTIVIDAD DEL CATALIZADOR. POSTERIORMENTE SE DESECA Y PULVERIZA Y, EMULSIONA CON UNA FRACCION DE ACEITE A HIDROGENARSE PARA DESPUES PODER LLEVAR A CABO LA REDUCCION POR HIDROGENO EN UN RECIPIENTE PROVIESTO DE AGITADOR, VACIO Y CALEFACCION. UNA VEZ TERMINADA LA REDUCCION. LA MASA OBTENIDA SE LLEVA AL CONVERTIDOR DONDE SE HA DE REALIZAR LA REDUCCION DEL ACEITE. O BIEN SE FORMAN BLOQUES.
  - 3) REFINACION DEL ACEITE. - EL ACEITE QUE HA DE HIDROGENARSE DEBE DE ESTAR EXIENTO DE MUCILAGOS. AZUFRE, JABONES, GRASAS OXIDASAS, ACIDOS GRASOS LIBRES Y AGUA, POR LO QUE HAY QUE REFINARLO PREVIAMENTE. Y
  - 4) HIDROGENACION. - PARA DAR COMIENZO A LA HIDROGENACION HAY QUE COLOCAR PRIMERAMENTE EL ACEITE MECULADO CON EL CATALIZADOR EN EL AUTOCLAVE (FIGURA 1). DONDE SE VA A LLEVAR A CABO LA OPERACION. ESTE, AL DECENDER POR LA AUTOCLAVE, SE ENCUENTRA CON UNA CONTRACORRIENTE DE HIDROGENO: POR LO QUE ES PREFERIBLE TRABAJAR EN VACIO. MEDIANTE UN SERPENTIN DE CALEFACCION DE VAPOR A PRESION, SE CALIENTA LA MASA DE ACEITE A  $150^\circ$  (COMIENZA LA HIDROGENACION). A LA VEZ QUE SE EMPIEZA A INTRODUCIR EL HIDROGENO Y SE AGITA PARA LOGRAR UN INTIMO CONTACTO ENTRE AMBOS. LA TEMPERATURA DE HIDROGENACION ESTA COMPRENDIDA ENTRE LOS  $170$  Y  $190^\circ C$ , PERO A VECES ES NECESARIO SUBIRLA A  $230^\circ C$ , SEGUN LA PRESION. TERMINADA LA HIDROGENACION, SE ENFRIA EL ACEITE MEDIANTE AGUA DE REFRIGERACION HASTA UNA TEMPERATURA QUE PERMITA LA FILTRACION (NO MAYOR DE LOS  $100^\circ C$ ). LA GRASA ENDURECIDA SE VACIA POR EL FONDO DEL AUTOCLAVE Y SE FILTRA MEDIANTE FILTROS PRENSA. PUESTO QUE LAS GRASAS HIDROGENADAS TIENEN UN OLOR Y SABOR POCO AGRADABLES, SE LES SOMETE A PROCESOS DE DESODORIZACION, Y DE DESACIFICACION, EN CASO DE QUE TENGA ACIDEZ LIBRE. Y PARA ELIMINAR LAS TRAZAS DEL CATALIZADOR METALICO, SE TRATAN LAS GRASAS HIDROGENADAS CON UN 0.2% DE ACIDOS ORGANICOS (CITRICO, TARTARICO, ETC.). DISUELTOS EN AGUA Y EN CALIENTE. UNA VEZ REALIZADAS ESTAS OPERACIONES LAS GRASAS ENDURECIDAS YA PUEDEN SER UTILIZADAS PARA ELABORAR PRODUCTOS ALIMENTICIOS.



## 3.2 OXIGENACION

### 3.2.1 EL OXIGENO

En la tierra el oxígeno es uno de los elementos más abundantes que existen sobre ésta, pues forma parte de ella en un 27.7% aproximadamente.

En la naturaleza el oxígeno libre, se encuentra formando el 21% del volumen del aire. Combinado se encuentra en la constitución de los organismos vegetales y animales, formando parte de las sales, de los óxidos, de los hidróxidos y, del agua.

Para obtener el oxígeno se puede emplear alguno de los siguientes métodos:

- métodos de laboratorio:

- 1) por la descomposición del clorato potásico por medio del calor, y
- 2) por medio del tratamiento de la oxilita con agua.

- métodos industriales:

- 1) por medio de la electrólisis del agua alcalinizada con sosa cáustica y electrodos de níquel, y
- 2) por destilación fraccionada del aire líquido.

Y el oxígeno atmosférico se origina de la fotosíntesis.

Algunas de las principales aplicaciones del oxígeno se mencionan a continuación:

- En el laboratorio, se emplea para el análisis orgánico.
- En la industria, se usa para producir elevadas temperaturas mediante el soplete oxídrico u oxiacetilénico.
- En medicina, se le emplea para inhalaciones.
- Mezclado con sustancias combustibles es empleado para la elaboración de cartuchos explosivos, que se utilizan en la

perforación de minas y tuneles: con el objetivo de no enrarecer el aire que existe en los mismos.

- En los altos hornos se le usa para elevar su eficiencia en la producción de acero y la fundición del cobre.
- En la manufactura de gas de síntesis se le emplea para fabricar amoníaco, alcohol metílico, acetileno, etc.
- Se usa también como: oxidante para el líquido de los cohetes a propulsión, como estimulante de calor, en las cámaras de descompresión, en los vehículos espaciales y, como intermedio químico para substituir aire en la oxidación de desperdicios de ciudades y de industrias orgánicas.

Propiedades del oxígeno.

- Es un gas incoloro, inodoro e insípido.
- Soluble en el agua y el alcohol.
- Es incombustible, pero aguanta activamente una combustión.
- Es licuable a una temperatura de  $-183^{\circ}\text{C}$  a líquido ligeramente azulado, con carácter magnético.
- Es solidificable a una temperatura de  $-218^{\circ}\text{C}$ .
- En estado natural se comporta como gas inerte y necesita gran cantidad de energía para romper el doble enlace.
- Es muy activo y a temperaturas más o menos elevadas se combina con todos los elementos, a excepción de los gases raros del aire y el fluor.

A esta última propiedad de la combinación del oxígeno con los demás elementos se le denomina oxigenación que a la vez también es oxidación.

### 3.2.2 PROCESO DE OXIGENACION

La oxigenación tiene lugar con gran desprendimiento de calor y a veces de luz. Los productos que se obtienen de esta oxigenación son anhidridos; cuando los elementos con los que se combina son de carácter electronegativo y, óxidos; cuando son de carácter electropositivo.

En la industria química orgánica, la oxigenación constituye uno de los medios más poderosos utilizados para la síntesis de compuestos orgánicos.

El proceso de oxigenación consiste en aumentar la proporción de oxígeno de una molécula, ya sea por reacción con el oxígeno mismo o por acción de un agente oxidante.

El problema principal en el proceso, es conseguir que no se llegue más allá de lo que se desea obtener de él. Para la elaboración de los diferentes compuestos obtenidos por este proceso, se emplean diferentes agentes oxidantes, los cuales son:

- Permanganatos en disolución: a) alcalina  
b) neutra  
c) ácida
- Dicromatos
- El ácido hipocloroso y sus sales
- Clorito sódico y dióxido de cloro
- Cloratos
- Peróxidos
- El ácido nítrico y el tetroxido de nitrógeno
- Nitrobenzeno
- Sales ferricas
- Fusión alcalina
- Ácido arsénico
- Ferricianuro potásico
- Ácido sulfúrico fumante (oleum)
- Ozono.

### 3.2.3 APLICACIONES DE LA OXIGENACION

En las aplicaciones de la oxidación podemos observar que al oxidar el permanganato potásico se forman cristales estables como la sal sódica. Y para la oxidación de proteínas.

Con este proceso Químico se puede obtener ácido p-clorobenzoico al oxidar p-clorotolueno. La oxidación en soluciones neutras se utiliza para la obtención de ácido acentantranílico. En la oxidación de sulfuros y sulfhidratos tanto aromáticos como alifáticos para obtener respectivamente ácidos sulfónicos. Así se oxidan también los alcoholes aromáticos a los aldehídos y los homólogos de la quinoleína para dar los ácidos carboxílicos.

En la fabricación de cosméticos y perfumes se utiliza este proceso para oxidar el anetol a aldehído anísico y para la preparación de azul de metileno y otros colorantes utilizados dentro de esta industria.

Las sales sódicas e hipoclorito cálcico se utilizan para la desulfonación de las gasolinas y también el hipoclorito cálcico y el clorito sódico son utilizados para el blanqueo de textiles.

Los Cloratos se utilizan para la fabricación de pólvora, productos para fuegos artificiales, explosivos y cerillos, entre otros muchos productos obtenidos de los cloratos.

### 3.2.4 AGENTES OXIDANTES

#### PERMANGANATOS.

Las sales sólidas del ácido permangánico son poderosos agentes en este proceso. Su capacidad oxidante tiene variación de acuerdo a su empleo en soluciones alcalinas, neutras o ácidas.

a) Disolución alcalina. Se emplea cuando se desea oxidar los derivados del tolueno con permanganato potásico. Un ejemplo de esta solución es la obtención del ácido mesotartárico, oxidando ácido maleico.

b) Disolución neutra. Se emplea por ejemplo: en la conversión del acetato 2 toluidina en ácido acentantranílico. Para evitar la alcalinidad se añade CO hasta neutralizar, o sulfato de magnesio para afirmar al sulfato neutro.

c) Disolución ácida. La oxidación con soluciones de permanganato en dilución ácida, solo es funcional para la preparación de compuestos que tienen una estabilidad buena y, también en la

preparación de ciertos ácidos naftalinsulfónicos.

#### DICROMATOS.

El proceso de oxigenación con dicromatos se realiza en forma general, en presencia de ácido sulfúrico y empleando las sales sódicas o potásicas. Esta reacción tiene numerosos campos de aplicación en la industria química orgánica, como por ejemplo: en la elaboración de perfumes, en la preparación de azul de metileno, safranina y otros colorantes.

#### EL ACIDO HIPOCLOROSO.

El dióxido de cloro es un poderoso agente oxidante y decolorante, teniendo amplia aplicación como blanqueador de harinas, tratamientos de agua, para blanquear textiles y para combatir los hongos azules que atacan las frutas cítricas.

#### CLORATOS.

Es un agente oxidante muy enérgico, obteniéndose en disoluciones acuosas. Cuando se regula su acción oxidante es posible efectuar la oxidación del etanol o del éter etílico a ácido acético, del etileno a glicol, del alcohol alílico a glicerina, etc. El clorato potásico es un agente de este proceso, de una baja solubilidad en agua, que es utilizado para la fabricación de pólvora negra, productos para fuegos artificiales, explosivos, etc.

#### PEROXIDOS.

Los peróxidos que tienen más utilidad como agentes son los de plomo, hidrógeno y manganeso. La mayor parte del peróxido de hidrógeno se emplea en el blanqueo textil, donde se ha dado una sustitución del cloro y de los hipocloritos debido a sus ventajas.

En disoluciones alcalinas puede utilizarse para preparar peróxidos orgánicos, como el de benzoylo y el de dietilo. Los peróxidos de los metales alcalinotérreos tienen pequeñas aplicaciones en el campo industrial, y las de calcio, magnesio y

zinc se utilizan para la preparación de productos farmacéuticos. Los peróxidos de mayor utilidad industrial son el perborato y el percarbonato sódicos, que se utilizan como substitutos del peróxido de hidrógeno cuando interesa trabajar con una substancia seca.

#### NITROBENCENO.

Este agente oxidante es muy enérgico, pero sólo se emplea en casos muy particulares, como por ejemplo: en la síntesis de la quinoleína para reducirla a anilina.

#### LAS SALES FERRICAS.

El cloruro férrico es un agente débil para este proceso y se emplea para transformar la hidroquinona en quinona.

#### LAS SALES DE COBRE.

El cobre puede presentarse en dos estados de oxidación. En el estado de oxidación superior; donde es capaz de actuar como agente oxidante, y en el estado de oxidación inferior; donde tiene la calidad de agente reductor. Dada esta propiedad, el cobre es un metal muy útil como portador de oxígeno o catalizador de oxidación.

#### FUSION ALCALINA.

Es de una gran importancia en la preparación de determinados colorantes de tina, derivados de la antroquina. Se utiliza este agente para la obtención del azul de indantreno RS, el azul oscuro de indantreno BO, etc.

#### FERRICIANURO POTASICO.

El ácido arsénico puede obtenerse fácilmente por este proceso, al aplicarlo al arsénico de treóxido con ácido nítrico, agua regia o agua de cloro y, por oxidación con oxígeno elemental.

#### ACIDO SULFURICO FUMANTE.

El ácido sulfúrico fumante tiene importancia para la obtención de grandes cantidades de colorantes de alizarina. También para la

transformación alizarina y otros derivados hidroxilados de la antraquinona.

#### OZONO.

La utilización de este agente tiene muchas aplicaciones siendo una de ellas la decoloración, la esterilización de aguas, la oxidación del acetileno a glioxal, y el secado de tintas tipolitográficas.

#### 3.2.5 CONDICIONES QUE INFLUYEN EN EL PROCESO DE OXIGENACION

Las reacciones de oxigenación u oxidación, son de carácter tal, que para definir las condiciones precisas de trabajo se emplean dos métodos: en fase líquida y en fase vapor. Pero independientemente del método utilizado se deben de controlar los siguientes factores: Presión, Temperatura, Tiempo, Concentración de la mezcla y la Concentración del catalizador.

\* Método en fase líquida.- Se utiliza cuando las sustancias a oxidar son complejas de elevado peso molecular y más o menos estables térmicamente y, cuando el agente oxidante no es volátil relativamente. Para este caso, las condiciones de operación son las siguientes:

- temperaturas bajas o moderadas, y
- regulación de la intensidad de la reacción controlando el tiempo de operación, vigilando la temperatura y variando la cantidad del agente oxidante.

\* Método en fase vapor.- Se utiliza únicamente cuando las sustancias son fácilmente volátiles y lo suficientemente estables al calor y resistir la disociación a elevadas temperaturas. Además, de que el producto resultante, debe también de ser estable térmicamente y aguantar cierto grado de oxidación. En este caso, se pueden utilizar catalizadores en fase sólida o en fase vapor, junto con oxígeno o aire. Por lo tanto, las condiciones necesarias para que se lleve a cabo la oxigenación

son: regular la reacción variando el tiempo de contacto, la temperatura y la proporción de oxígeno o el tipo de catalizador, o por combinación de ambos.

### 3.2.6 INSTALACIONES PARA LA OXIGENACION

Para la Oxigenación, en fase líquida, no se requieren aparatos especiales, solo es necesario tener un sistema en el cual se pueda regular la temperatura y una refrigeración adecuada. Se utiliza una caldera cerrada provista de un condensador de reflujo y dispositivos para la entrada de los reactivos y bocas de salida; con serpentines. Estas instalaciones están provistas de distribuidores que permiten una mejor homogeneidad de la sustancia que va a ser reaccionada, los distribuidores deben ser fabricados de materiales capaces de soportar altas temperaturas.

Para la oxigenación en fase vapor, los sistemas deben de estar proyectados de forma que pueda mantenerse constante la temperatura (a temperaturas elevadas) y que sea posible la eliminación de grandes cantidades de calor; en esas condiciones. También han de estar provistos de una superficie adecuada, sobre la cual se ha de colocar el catalizador que activa la reacción. Se pueden utilizar por ejemplo: reactores tubulares, los cuales regulan automáticamente la temperatura por la absorción del calor de reacción y vaporizan un líquido.

### 3.2.7 EJEMPLO ILUSTRATIVO DEL PROCESO

En el siguiente esquema se muestra un ejemplo ilustrativo de el proceso de oxigenación y se da una breve explicación del mismo.

ACIDO SULFURICO.

PARA OBTENER EL ACIDO SULFURICO SE TIENEN QUE SEGUIR 4 PASOS IMPORTANTES:

PRIMERAMENTE SE DA EL DE TOSTACION Y PURIFICACION, EN EL CUAL SE PONE LA MATERIA PRIMA EN UNA MALLA (1) PARA TOSTARLA. Y EN CUANTO SE ENCIENDE LA PIRITA SE LE INYECTA POR LA PARTE INFERIOR (2) AIRE PARA MANTENER LA COMBUSTION Y QUE LA PIRITA SE QUEME RAPIDA Y COMPLETAMENTE. COMO EN ESTE METODO DE OBTENCION DEL ACIDO SULFURICO LAS IMPUREZAS DE ARSENICO ACTUAN COMO VENENO SOBRE DEL CATALIZADOR. SE EFECTUA ENTONCES LA PURIFICACION DEL GAS. PARA LLEVARLA ACABO, SE HACE PASAR AL GAS A REFRIGERACION (3) PARA LUEGO PASARLO A UN ELECTROFILTRO (4) PARA PURIFICARLO. HACIENDOLO LLEGAR DESPUES A DOS TORRES DONDE SE LE INYECTA ACIDO SULFURICO EN POLVO, PARA ELIMINAR LAS IMPUREZAS DE ARSENICO.

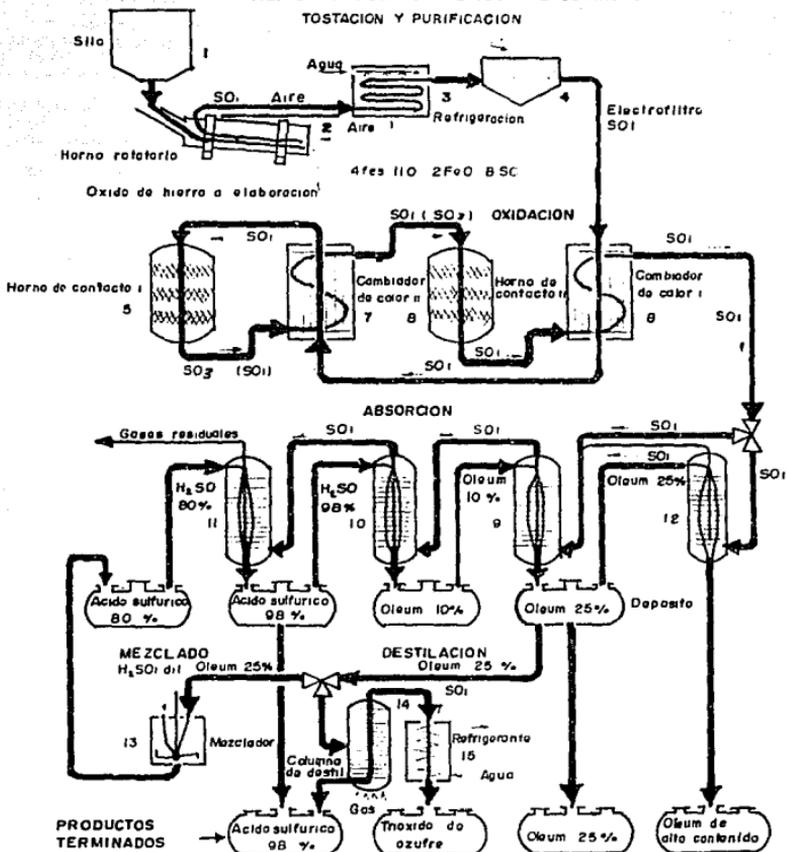
EL SIGUIENTE PASO ES EL DE OXIDACION, EL CUAL SE REALIZA EN UN HORNO DE CONTACTO (5 Y 6) EN EL QUE SE EMPLEA VANADATO DE POTASIO COMO CONTACTO SOBRE EL DIOXIDO DE SILICIO COMO PORTADOR. PARA LO CUAL EL GAS DE TOSTACION SUBE HACIENDO CONTACTO CON LA PARTE EXTERIOR DE LOS TUBOS PARA HACERSE PRESENTE CON EL DIOXIDO DE SILICIO. PARA QUE ESTE SEGUNDO PASO; QUE ES EL DE INTERES EN ESTE CASO PARA NOSOTROS; SE LLEVE A CABO, SE TIENE QUE TENER CONTROL TERMICO SOBRE EL HORNO. PARA LOGRARLO, SE NECESITAN INTERCAMBIADORES DE CALOR. POR LO TANTO. LA SUBSTANCIA UNA VEZ QUE SE HA HECHO PASAR POR (5 Y 6); SE LE HACE PASAR POR LOS INTERCAMBIADORES DE CALOR (7 Y 8) PARA PRECALENTAR EL GAS DE TOSTACION PURIFICADO. ESTE PROCESO DE OXIDACION TRANSCURRE A UNA TEMPERATURA ENTRE LOS 430 Y 500°C.

EL TERCER PASO ES EL DE ABSORCION, EN ESTE. EL GAS DE REACCION CONTIENE TRIOXIDO DE AZUFRE Y ES LLEVADO A LAS COLUMNAS DE ABSORCION (9-12) DONDE ESTE ES ABSORBIDO POR ACIDO SULFURICO CONCENTRADO, FORMANDO OLEUM.

EL CUARTO PASO Y ULTIMO. ES EL DE MEZCLADO Y DESTILACION, EN EL CUAL PARA OBTENER ACIDO MAS DILUIDO, EL CONCENTRADO SE DEJA FLUIR SOBRE LA CANTIDAD NECESARIA DE AGUA, CON REFRIGERACION Y AGITACION SIMULTANEA (13). PARA DESPUES HACERLO PASAR POR UN INTERCAMBIADOR DE CALOR (14) DONDE SE LE CALIENTA, Y ASI OBTENER POR UN LADO, EL ACIDO SULFURICO EN UN 98%, Y HACIENDO PASAR EL RESTO DE LA SUBSTANCIA POR UNA COLUMNA DE REFRIGERANTE (15) EL TRIOXIDO DE AZUFRE.

### ACIDO SULFURICO METODO DE CONTACTO

#### TOSTACION Y PURIFICACION



### 3.3 NITRACION

#### 3.3.1 EL NITROGENO

El nitrógeno es un gas que libre constituye las 4/5 partes del volumen del aire. Combinado forma parte de los nitratos, de los compuestos amoniacales y de las sustancias albuminoides de los seres vivos.

Dentro de sus propiedades podemos mencionar las siguientes:

- Es un gas incoloro, inodoro e insípido.
- Molécula diatómica  $N_2$ .
- Difícil de pasar a estado líquido.
- Es muy poco soluble en agua.
- Su energía de ionización es muy alta debido a su triple enlace de su molécula.
- No es combustible, y además, apaga los cuerpos en combustión.
- Debido a la propiedad anterior, el nitrógeno ayuda a la respiración; ya que éste atenúa la acción demasiado viva del oxígeno.
- No es venenoso, más sin embargo, no es apto para la respiración cuando es puro.

Los métodos que se han empleado para la obtención del nitrógeno son:

- En los laboratorios: por calcinación del nitrilo amónico.
- Eliminación del oxígeno del aire mediante un cuerpo que se combina con él. En los laboratorios, se usa el fósforo o el cobre. En la industria por la combustión del hidrógeno.
- Por destilación fraccionada del aire.

Dentro de las aplicaciones que se le dan al nitrógeno, podemos mencionar las siguientes:

- En la obtención de gran número de sus compuestos: abonos, explosivos, colorantes, etc.
- En la formación de las proteínas que constituyen los principios activos de la vida.

- En la obtención de gran número de sus compuestos: abonos, explosivos, colorantes, etc.
- En la formación de las proteínas que constituyen los principios activos de la vida.
- Influye sobre las plantas produciendo un marcado desarrollo de su parte herbácea y un intenso color verde de sus hojas.
- Para producir atmósferas inertes.
- Para la fabricación de amoníaco, acrilonitrilo, cianamida, cianuro y nitruros.
- Como gas inerte para purgar, vaciar y ejercer presión.
- Como fuente de presión en pozos de petróleo.
- En cortinas de gas en misiles.
- En la refrigeración de alimentos en transporte y también en hielo seco. Así como también en la congelación rápida de alimentos y como antioxidante de los mismos.
- En los propulsores de líquido presurizado.
- En el enfriamiento de fundiciones de aluminio.
- En la fabricación de vidrio flotante.
- Para la conservación criogénica.

En los anteriores párrafos se dió un panorama de las principales características y propiedades del nitrógeno, el cual es el elemento básico de la nitración. Ahora se describirá brevemente en que consiste la nitración.

### 3.3.2 PROCESO DE NITRACION

La nitración es el proceso en el cual se efectúa la unión del grupo nitro ( $\text{NO}_2$ ) a un átomo de carbono, lo que generalmente, tiene efecto por sustitución de un átomo de hidrógeno.

Existen varios métodos para la preparación de nitrocompuestos, la selección del agente y la técnica a usar esta determinado por factores tales como la constitución química y las propiedades físicas del compuesto orgánico, también por las características económicas del proceso.

Dentro de los agentes que se emplean en la preparación de nitroderivados, tenemos los siguientes:

- Acido nítrico,
- Mezclas nitrantes,
- Nitratos alcalinos en presencia de ácido sulfúrico,
- Nitratos orgánicos,
- Nitratos metálicos con ácido acético, y
- Tetróxido de nitrógeno.

### 3.3.3 AGENTES DE NITRACION Y SUS APLICACIONES

#### LAS NITROPARAFINAS.

El gas natural y el petróleo son la materia prima para la preparación de los nitroderivados y también el ácido nítrico diluido o dióxido de nitrógeno.

#### - Fase vapor.

Cuando se nitra una parafina en fase vapor se debe de realizar a altas temperaturas para poder obtener todos los derivados monosustituídos que pueden resultar de la sustitución por el grupo nitro de cualquiera de los átomos de hidrógeno o radicales alquílicos presentes.

Dentro de la fase vapor, la nitración, al aumentar la temperatura aumenta también:

- la velocidad de reacción,
- la producción de nitroparafinas primarias,
- el rendimiento de productos ligeros.

La presión produce un notable aumento de la velocidad de la reacción pero, es mínima la influencia que tiene sobre el rendimiento.

#### - Fase líquida.

La preparación de nitroparafinas en fase líquida con ácido nítrico se puede resumir en :

- 1.- La reacción es lenta; al elevar la temperatura, el

rendimiento y el grado de conversión.

- 2.- La oxidación acompaña a la nitración y la mayoría del ácido nítrico se reduce a nitrógeno elemental, que hace imposible su recuperación por reoxidación lo que dificulta económicamente la industrialización de tales operaciones.
- 3.- Se forman polinitroderivados debido a la solubilidad de la nitroparafina en el ácido nitrante, donde es oxidada, nitrada e hidrolizada.
- 4.- La mezcla sulfónica que se emplea generalmente para la nitración de hidrocarburos aromáticos no es aconsejable para tratamiento de parafinas.

- Fase líquida-vapor.

En la nitración en fase líquida-vapor de las parafinas la reacción es fácil a temperaturas relativamente bajas. Se logra de manera sencilla la mezcla de reactivos, introduciendo el ácido nítrico a través de un serpentín sumergido en parafina.

Las nitroparafinas, cuando son puras, son incoloras y casi insolubles en el agua; tienen un olor suave característico. También son reactivos importantes y pueden emplearse como materias primas.

#### ESTERES DEL ACIDO NITRICO DE COMPUESTOS ALIFATICOS.

Estos compuestos aunque ordinariamente se conocen como nitroderivados, son verdaderos nitratos. Los nitratos de glicerina, glicol, celulosa, almidón, y azúcar son los más importantes de este grupo de ésteres. Estos compuestos se emplean como explosivos militares aunque también se utilizan en otros campos no bélicos. Son utilizados los ésteres de la celulosa en la fabricación de marfil sintético, cuero artificial, etc., en la extracción de minerales tales como carbones y cobre de sus yacimientos y en excavaciones e irrigación.

El agente nitrante generalmente empleado en estos ésteres es la mezcla formada por ácido nítrico y sulfúrico en proporciones variables. En la nitración de glicerina, la acidez total y la

#### NITRACION DE AMINAS Y FENOLES ACILACION.

Dado que los compuestos son muy susceptibles de oxidación, es necesario proteger al grupo -NH durante la nitración. Esto es posible al convertir la amina en su derivado acidulado.

En los casos que es posible nitrar aminas sin recurrir a la acilación previa, los productos resultan diferentes de los que se obtienen por nitración de los derivados acidulados.

Los fenoles, como las aminas, son particularmente posibles a la oxidación por lo que es recomendable acilar para formar éster, además, de obtener condiciones favorables. Los derivados nitrados, producen el nitrofenol.

#### EL ACIDO NITRICO EN EL PROCESO DE NITRACION.

- Parafinas. La nitración de éstas con ácido nítrico en fase líquida va acompañada de reacciones oxidantes que conducen a la formación de óxidos superiores de nitrógeno.

#### 3.3.4 CONDICIONES DE TEMPERATURA, AGITACION Y SOLUBILIDAD QUE INFLUYEN EN LAS REACCIONES DE NITRACION.

\* Temperatura.- Este factor es de gran importancia en las reacciones de nitración. ya que un aumento de ésta, más allá de lo requerido provocará que se obtenga un producto diferente al que se tenía planeado producir. Lo mismo sucede, si se baja la temperatura por debajo de lo requerido, sólo que cuando la temperatura es elevada se tendrá una polinitración, mientras que si se disminuye se dará una mononitración. Por lo tanto, de acuerdo al producto que se desee producir será la temperatura que se tengan que aplicar.

\* Agitación.- Es un factor muy importante dentro de la nitración, dado que en el proceso se debe de tener una substancia homogénea tanto en su temperatura como en su composición, para que el proceso se de plena y completamente en cada parte de la substancia a nitrar. Para que tal homogeneidad se pueda lograr,

se utilizan agitadores; que se fabrican especialmente para que formen parte dentro de este proceso, debido a su gran importancia para obtener productos nitrados.

\* Solubilidad.- Es importante contemplarla, dado que durante el proceso de nitración se tiene un incremento de agua en la substancia a nitrar, lo que influye en una disminución de la reacción. Tomando en cuenta esto, la concentración inicial de la substancia a utilizar dentro del proceso, debe de ser mayor, y además, se debe de retirar el exceso de agua que se genera durante la reacción, para que no disminuya ésta.

### 3.3.5 INSTALACIONES PARA LA NITRACION.

La mayoría de las nitraciones se llevan a cabo en calderas cerradas, provistas de mecanismos de agitación y dispositivos para regular la temperatura de reacción. Fabricados de acero y fundiciones capaces de resistir a los ácidos. Tomando en cuenta la transmisión de calor y la agitación.

Es de gran importancia tener buena agitación en el proceso de nitración. Los nitradores tienen tres tipos de agitadores:

- 1) de paletas, sencillo o doble
- 2) turboagitadores, con carcasa o sin ella, y
- 3) de circulación externa.

### 3.3.6 EJEMPLO ILUSTRATIVO DEL PROCESO

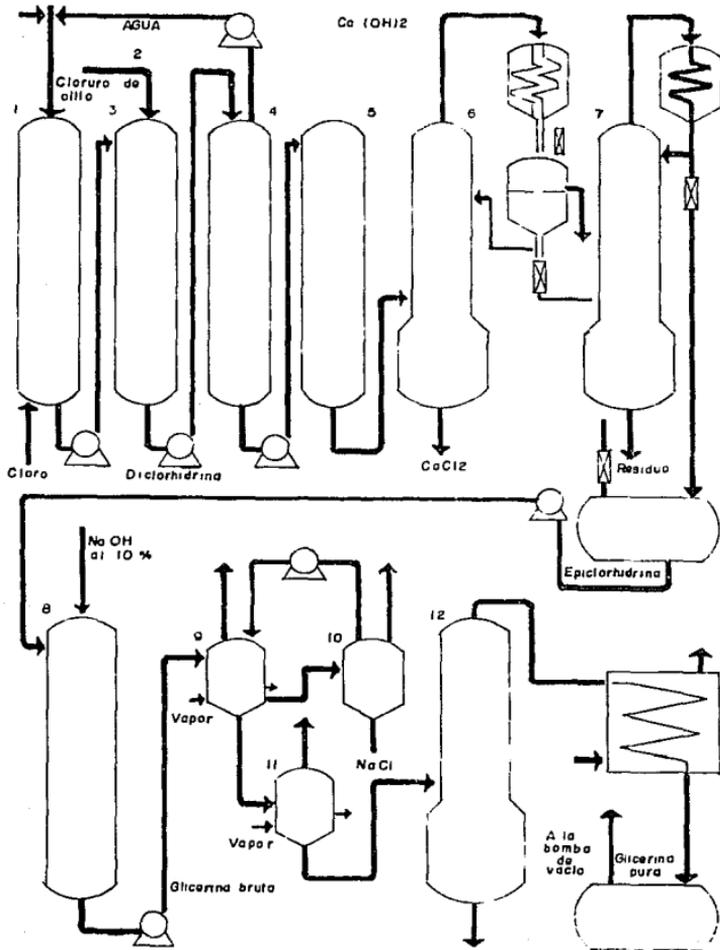
A continuación se muestra un ejemplo ilustrativo del proceso de nitración.

#### SINTESIS DE GLICERINA.

LA SINTESIS DE LA GLICERINA A PARTIR DEL PROPILENO, QUE ES TRANSFORMADO CON CLORO (1), A TEMPERATURAS ALTAS, EN CLORURO DE ALILO, PASA POSTERIORMENTE A COMBINARSE CON ACIDO HIPOCLOROSO PARA OBTENER DICLORHIDRINA (3 REACTOR), PASANDO EL LIQUIDO

OBTENIDO A (4), EN EL QUE LA DICLORHIDRINA SE VA A LA CAPA INFERIOR. EL AGUA QUE SOBRE NADA, SE VUELVE A LLEVAR A LA TORRE CON EL AGUA DE CLORO. LA SUBSTANCIA OBTENIDA EN (4) PASA A (5) EN EL CUAL SE INYECTA HIDROXIDO CALCICO, QUE AL TENER UNA TEMPERATURA DE 50°C AYUDA A DAR LA REACCION PARA OBTENER LA EPICLORHIDRINA. LA CUAL ES SEPARADA EN (6) POR DESTILACION. AL MISMO TIEMPO SE INTRODUCE UNA MEZCLA AZEOTROPA CON UN 75% DE EPICLORHIDRINA. DEL FONDO DE (6) SE RETIRA LA SOLUCION ACUOSA DE CLORURO CALCICO. REALIZANDOSE UNA CONCENTRACION EN (7) LA EPICLORHIDRINA REACCIONA CON LA LEJIA DE SOSA CAUSTICA DANDOSE COMO PRODUCTO LA GLICERINA, LA CUAL ES PASADA A (8). EN ESTE PUNTO SE LE INYECTA SOSA CAUSTICA Y SE PASA LA MEZCLA AL EVAPORADOR (9), DONDE SE SEPARA EL CLORURO SODICO Y SE LE HACE PASAR A UN SEPARADOR (10) Y RETORNAR A (9). LA SOLUCION CASI LIBRE DE SAL COMUN PASA A OTRO EVAPORADOR (11) PARA ELIMINAR EL AGUA QUE TODAVIA CONTIENE. SE EXTRAE LA GLICERINA Y SE VACIA EN (12) EN DONDE SE DA LA ULTIMA PURIFICACION. (POR NITRACION CON ACIDO NITRICO Y GLICERINA, SE OBTIENE LA NITROGLICERINA, EXPLOSIVO DE GRAN POTENCIA.

### SINTESIS DE LA GLICERINA



### 3.4 SULFONACION

#### 3.4.1 PROCESO DE SULFONACION.

La sulfonación es el proceso en el cual tiene lugar la unión del grupo sulfónico ( $\text{SO}_3$ ) a un átomo de carbono o de nitrógeno, de un compuesto orgánico.

Los factores físicos y químicos que influyen en los productos resultantes de las reacciones de la sulfonación son muy diversos, los más importantes son: la temperatura de reacción, tiempo de reacción, catalizadores y coadyuvantes de la sulfonación y los disolventes.

Las sulfonaciones directas se pueden llevar a cabo con disoluciones de trióxido de azufre, ácido clorosulfónico y cloruro de sulfirilo. El grupo sulfónico se puede introducir por sustitución de los átomos de hidrógeno por ácido sulfuroso o sulfitos alcalinos.

Con el continuo desarrollo de nuevas y más económicas técnicas de fabricación de ácidos sulfónicos alifáticos se va extendiendo el campo de aplicación de los mismos, y así se utilizan mucho para la emulsificación y dispersión de líquidos, para la dispersión y humectación de sólidos y como agentes humectantes en general.

#### 3.4.2 APLICACIONES DE LOS ACIDOS SULFONICOS.

Una de las aplicaciones más importantes de los ácidos sulfónicos está sin duda alguna en la síntesis de productos intermedios para colorantes. Una ventaja primordial del grupo sulfónico es la propiedad que tiene de aumentar la solubilidad de los compuestos de que forma parte en disolución acuosa, lo que facilita la conversión subsiguiente de dicho compuesto o su aplicación directa.

El principal desarrollo se relaciona con el empleo de sulfonatos y sulfatos como agentes de superficie activa (tensoactivos), de los cuales damos los siguientes ejemplos:

- 1.- Los sulfonatos alquilarilsódicos (nacconol, santomerase, etc.) son detergentes estables en aguas duras y en soluciones alcalinas y ácidas.
- 2.- Las sales alcalinas de los aceites minerales o parafinas de Fischer-Tropsch, sulfonados, se emplean como componentes de jabones; que se obtienen por acción del cloruro de sulfurilo.
- 3.- Los derivados del ácido isetiónico (ácido hidroxietilsulfónico) y de la taurina (ácido aminoetilsulfónico), con los ácidos grasos, encuentran muchas aplicaciones como detergentes.
- 4.- Los sulfonatos de tetrahidrobenceno, propileno, tricloroetileno, butilnaftaleno, ácido oleico, etc., son humectantes y emulgentes muy útiles.
- 5.- De gran importancia y relacionados también con los ácidos sulfónicos son los ésteres del ácido sulfúrico con los alcoholes cetílico, laurílico y estearílico, y que se utilizan como detergentes de uso doméstico e industrial.

#### 3.4.3 AGENTES DE SULFONACION Y SUS PRINCIPALES APLICACIONES.

Para elegir el tipo de agente y la técnica a emplear, hay que tomar en cuenta las características tanto físicas como químicas del compuesto orgánico, así como también las características económicas de los métodos en competencia.

El oleum y el ácido sulfúrico son los agentes más empleados en la sulfonación, son eficaces para la sulfonación directa de toda

clase de compuestos aromáticos. Sin embargo, los hidrocarburos parafínicos que sólo se sulfonan con estos agentes, en las condiciones más energéticas, dan origen a productos de sulfonación y oxidación.

Los principales agentes más empleados de la sulfonación son:

- Anhídrido sulfúrico:
  - a) Acido sulfúrico
  - b) Oleum
  - c) Sulfonación con  $SO_3$  exclusivamente
  - d) Productos de adición del trióxido de azufre
- Cloruro de sulfirilo
- Sulfitos y sulfitos ácidos
- Ácidos clorosulfónico, fluorsulfónico y aminosulfónico
- Sulfatos ácidos y polisulfatos
- Diversos sulfonantes

#### \* ANHIDRIDO SULFURICO

##### a) Acido sulfúrico

La actividad del ácido sulfúrico como agente de sulfonación depende de su concentración, y de ella depende tanto su calor como su poder deshidratante.

Se da el nombre de ácido sulfúrico a una serie de disoluciones de anhídrido sulfúrico en agua, con la cual forma distintos hidratos bien definidos; entre los cuales, los que tienen categoría de agentes de sulfonación son: el anhídrido, el ácido pirisulfúrico, el monohidrato y el dihidrato.

- Compuestos alifáticos con ácido sulfúrico.

Con los hidrocarburos parafínicos saturados el ácido sulfúrico no reacciona, únicamente reacciona cuando se utiliza oleum y empleando un compuesto orgánico de carbonilo; como lo es el acetato de etilo que funciona como disolvente.

El ácido sulfúrico posee una gran facilidad para combinarse con

los ácidos grasos y los compuestos olefinicos para formar sulfatos de alquilo, de entre los cuales, del carbono 12 al carbono 18 se emplean para la fabricacion de detergentes utilizados en la industria textil y en las lavanderias. También se utiliza en la elaboración de alcoholes y en la separación industrial de hidrocarburos no saturados que se obtienen del cracking del petróleo.

- Compuestos aromáticos con ácido sulfurico.

. Dentro de los derivados del benceno tenemos el ácido sulfónico el cual se obtiene al sulfonar los hidrocarburos parafinicos.

. Acidos naftalinsulfónicos.- Los ácidos sulfónicos del naftaleno, naftol y naftilamina son numerosos e importantes. Dentro de los cuales tenemos el  $\alpha$ -monosulfonato y el  $\beta$ -monosulfonato.

. Acidos naftilaminosulfónicos.- Son los de mayor importancia industrial que los naftalinsulfónicos. Los cuales se obtienen por tres procedimientos generales:

- 1.- Nitrande un ácido sulfónico y luego reduciéndolo.
- 2.- Sulfonando un nitrocompuesto que luego se reduce.
- 3.- Sulfonando un aminocompuesto.

#### b) EL OLEUM COMO AGENTE DE SULFONACION

El oleum se utiliza como agente de sulfonación para evitar la acción frenadora del agua y para obtener ventajas del anhídrido sulfúrico disuelto en él, empleando determinados medios en algunas sulfonaciones; algunas de las ventajas son:

- Principalmente, ahorrar anhídrido sulfúrico,
- su empleo en sulfonaciones difíciles, en vez de emplear ácido sulfúrico,
- se utiliza para preparar los ácidos polisulfónicos, que requiere cantidades mínimas de agua y  $SO_3$  libre.

Lo que caracteriza las sulfonaciones de los compuestos aromaticos, es el empleo del oleum en la sulfonación del nitrobenzeno. Algunos ejemplos de estas polisulfonaciones son las

preparaciones de los ácidos naftalintrisulfónicos y el antraquinondisulfónico.

Dentro de los compuestos alifáticos con oleum de mayor importancia se tienen, al ácido isotiónico y su sulfato ácido derivado; el ácido etiónico. Así, como también los ácidos di- y tri-sulfónicos.

c) Sulfonación con  $SO_3$  exclusivamente.

El trióxido de azufre se usa para sulfonar casi toda clase de compuestos orgánicos pero, para llevar a cabo su uso técnico hay que hacerlo a bajas temperaturas, uso de disolvente, la presencia de ácido sulfúrico ordinario y su aplicación como producto de adición o como vapor. Esto se debe, a que es un deshidratante muy enérgico y carboniza a los productos orgánicos cuando se aplica directamente.

Son muchas las ventajas del empleo del trióxido de azufre en la producción de detergentes sintéticos, como el sulfato de laurilio o los sulfonatos de alquilarilo.

d) Productos de adición del trióxido de azufre.

Todos los agentes de sulfonación directa se pueden considerar como productos de adición, más o menos estables, del anhídrido sulfúrico.

Los productos activos de adición del trióxido de azufre son la piridina, dioxano y tioxano, los cuales a veces son sulfonantes específicos.

La piridina reacciona con el trióxido de azufre y ácido clorosulfónico para formar así el ácido N-piridinsulfónico.

El dioxano forma productos de adición con el anhídrido sulfúrico, por ejemplo: los alcoholes primarios que se convierten en los correspondientes bisulfatos de alquilo, cuyos términos superiores tienen buenas propiedades detergentes. También pueden formarse los monosulfatos de las olefinas terciarias alifáticas.

El tioxano es poco soluble en el agua, lo que simplifica su recuperación después de la sulfonación. Estos compuestos se han

empleado como agentes de sulfonación, particularmente en la sulfonación de olefinas, por ejemplo: para preparar ácido 1-naftalinsulfónico, del cual se desprende como subproducto ácido clorhídrico.

\* EL CLORURO DE SULFIRILO COMO AGENTE DE SULFONACION.

La sulfonación de los hidrocarburos alifáticos puede llevarse a cabo en presencia de la luz, empleando como sulfonante el cloruro de sulfurilo. Los productos que se obtienen son anhídridos internos de los ácidos sulfocarboxílicos.

- SULFOCLORACION CON ANHIDRIDO SULFUROSO Y CLORO.- Se emplea para preparar ácidos alquilsulfónicos a partir de las parafinas. Dichos ácidos son unos humectantes valiosos de producción económica, de los cuales se obtiene como producto principal los cloruros de alquilmonosulfonilo, formándose también, aunque en menor cantidad, los cloruros de polisulfonilo, cloruros de alquilo y los cloruros de cloroalquilsulfonilo

- SULFOXIDACION CON ANHIDRIDO SULFUROSO Y OXIGENO. Se emplea para sulfonar parafina en presencia de un cloruro de ácido, de un anhídrido o de luz como catalizador. Como por ejemplo: el anhídrido acético para producir el ácido sulfónico.

\* LOS SULFITOS Y BISULFITOS COMO AGENTES DE SULFONACION.

La obtención de los ácidos sulfónicos alifáticos se lleva a cabo frecuentemente calentando los haluros de alquilo con sulfitos alcalinos; de esta manera se preparan los ácidos metano- y etanosulfónicos.

\* EL ACIDO CLOROSULFONICO COMO AGENTE DE SULFONACION.

El ácido clorosulfónico reacciona con los hidrocarburos, tanto alifáticos como aromáticos.

En la sulfonación de compuestos de la serie alifática se utiliza el ácido clorosulfónico en la preparación, por ejemplo,

del ácido sulfoacético y el ácido sulfopropiónico, y también en la preparación de cloruro de *o*-toluenosulfonilo, producto intermedio en la obtención de benzosulfimida (sacarina).

Con las aminas de las series grasa y aromática el ácido clorosulfónico forma ácidos sulfámicos.

#### \* SULFONACION CON SULFATOS ACIDOS

Los sulfatos ácidos y los trihidrosulfatos de los metales alcalinos, pueden emplearse como agentes de sulfonación, pero su aplicación es bastante limitada, puesto que estas sales no contienen nada de agua.

#### SEPARACION DE LOS ACIDOS SULFONICOS.

Existen múltiples métodos generales para el aislamiento de los ácidos sulfónicos de las mezclas obtenidas en la reacción de sulfonación, y aun de estas se presentan diversas modificaciones. Algunos de los procedimientos más corrientemente empleados son los siguientes:

Método I. Dilución de la mezcla obtenida en la sulfonación.

Método II. Neutralización de la masa de reacción.

Método III. Precipitación fraccionada.

Método IV. Formación de sales básicas.

Método V. Formación de cloruros de sulfonilo.

#### 3.4.4 CONDICIONES DE TEMPERATURA, PRESION Y TIEMPO EN LOS PROCESOS DE SULFONACION.

\* Temperatura de reacción.- Al aumentar la temperatura se da un aumento en la velocidad y en el grado de sulfonación, por lo que es preciso tomar en cuenta esta condición para trabajar en las condiciones térmicas y con las proporciones adecuadas de los reactivos para obtener la menor cantidad de impurezas que afectan la calidad deseada del producto a elaborar por este proceso.

\* Tiempo de reacción.- Esta consideración es de suma importancia, puesto que para cada producto que se quiera elaborar existe un tiempo definido y si este se altera se producirán también impurezas indeseables difíciles de eliminar.

\* Concentración de los gases de sulfonación.- Este factor, es también importante, ya que dependiendo de la sustancia a sulfonar será la concentración/ del agente de sulfonación a emplear. Esta concentración no debe de sobrepasar su límite (66.4%) dado que ocasionaría la anulación de la reacción.

\* Disolventes.- Estos, ayudan a la reacción para que se efectúe la sulfonación, que de otra manera sería muy difícil llevar a cabo.

#### 3.4.5 INSTALACIONES PARA LA SULFONACION.

En las sulfonaciones donde se utiliza ácido sulfúrico concentrado, son adecuados los aparatos de fundición. Mientras que en las que se emplea el óleum o mezclas en donde se tiene el ácido sulfúrico libre, se realiza en aparatos de acero.

Los aparatos utilizados deben de contemplar dos factores importantes, que son: la transmisión del calor y la agitación.

#### 3.4.6 EJEMPLO ILUSTRATIVO DEL PROCESO.

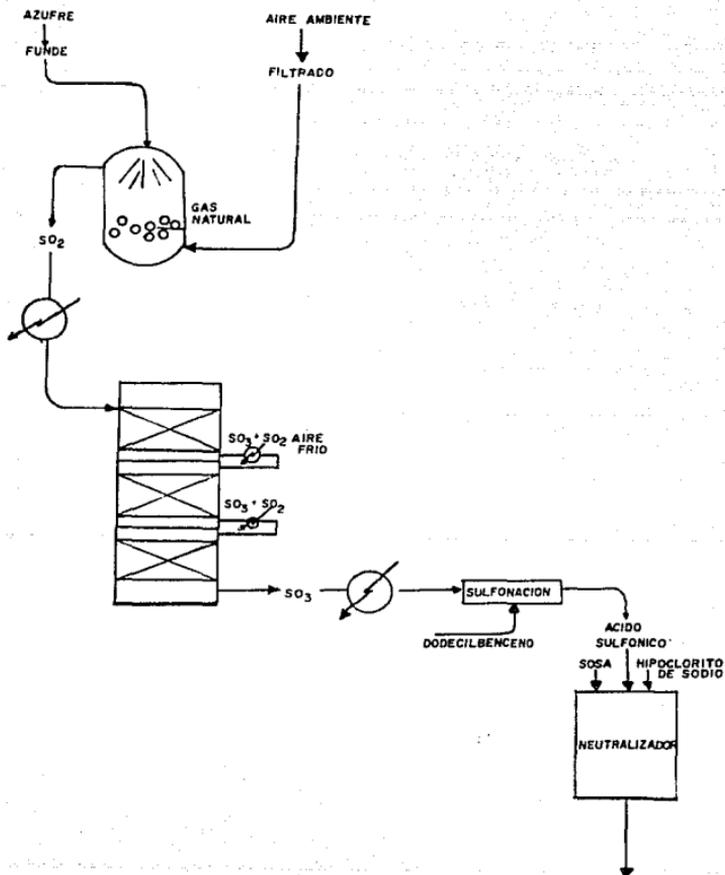
Un ejemplo ilustrativo donde se lleva a cabo el proceso de sulfonación se muestra en el siguiente ejemplo.

##### OBTENCION DEL JABON POR MEDIO DE SULFONACION.

ESTE PROCESO SE INICIA AL FUNDIR AZUFRE (1) A 140)C, POSTERIORMENTE SE PASA A UN QUEMADOR (2), EN EL CUAL SE INYECTA GAS NATURAL Y SE PASA POR UN REACTOR CATALITICO (3) A 600)C. DESPUES DE SALIR DEL REACTOR SE PASA POR UN INTERCAMBIADOR DE CALOR PARA DAR UN INCREMENTO EN LOS GRADOS, INYECTANDOLE AIRE FRIO POSTERIORMENTE PARA BAJAR LA TEMPERATURA. AL SALIR DEL

INTERCAMBIADOR SE OBTIENE  $SO_2$ , ESTE ELEMENTO SE INYECTA A EL REACTOR DE SULFONACION (6), INYECTANDOSE TAMBIEN DODECILBENCENO, FINALMENTE SE PASA POR UN NEUTRALIZADOR EN EL CUAL SE MEZCLA EL ACIDO SULFURICO CON SOSA E HIPOCLORITO DE SODIO. HACI SE OBTIENE LA MATERIA PRIMA PARA REALIZAR LA PRODUCCION DEL JABON EN SUS DIFERENTES PRESENTACIONES.

## OBTENCION DEL JABON



### 3.5 FOSFATIZACION

#### 3.5.1 EL FOSFORO

El fósforo es un elemento no metálico que existe en la naturaleza en estado de fosfatos. El cual, también se encuentra en los huesos, el sistema nervioso y la orina.

En la naturaleza se encuentra principalmente en los minerales de apatito y fósforo tricálcico (roca fosfática), cuya composición varía hasta el hidróxiapatito. Este mineral hidróxiapatito es el principal constituyente de los huesos y de los dientes de los animales, y los compuestos orgánicos complejos de fósforo son constituyentes esenciales del tejido nervioso del cerebro y de muchas proteínas, y desempeñan un importante papel en las reacciones metabólicas de los organismos vivos.

Las tres formas alotrópicas principales del fósforo son:

- fósforo rojo,
- fósforo blanco, y
- fósforo negro.

\* Fósforo rojo.- Es la forma más estable de estas tres por lo que es la única que se emplea corrientemente como reactivo de laboratorio. Además, de que no es venenoso, no se altera con el aire, no fosforece ni se inflama con facilidad. Se utiliza en explosivos y mezclado con arena fina sobre la superficie donde se frota los cerillos, para encenderse.

\* Fósforo blanco.- Es extraordinariamente reactivo y se combina con muchos elementos. Es altamente venenoso, un decigramo ingerido en el estómago causa la muerte. Sus vapores respirados, provocan necrosis de los huesos, especialmente de los maxilares. Sus quemaduras son dolorosas y penetrantes por lo que son difíciles de cicatrizar. Se utiliza en la milicia en bombas llenas de fósforo blanco para producir cortinas de humo, bombas incendiarias y balas trazadoras.

\* Fósforo negro.- Resulta muy difícil de obtener, por lo que es de muy poca importancia.

### 3.5.2 APLICACIONES DEL FOSFORO

- En los laboratorios se emplea como reductor y para obtener diversos compuestos de fósforo, especialmente ácido fosfórico y fosfamina.
- Se usa para pasta contra roedores.
- En la industria, para la fabricación de fósforos.
- En diversas preparaciones de química inorgánica y del carbón.
- Para preparar diversas aleaciones, como los bronce fosforados, de gran resistencia a la tracción, entre otras.

### 3.5.3 COMBINACIONES DEL FOSFORO CON EL OXIGENO Y EL HIDROGENO

Las combinaciones del fósforo con el oxígeno y el hidrógeno son muchas, por lo que sólo se mencionaran las de mayor importancia.

#### - OXIDOS DE FOSFORO.

Los dos principales óxidos del fósforo son el pentóxido de fósforo ( $P_2O_5$ ) y el trióxido de fósforo ( $P_2O_3$ ).

Pentóxido de fósforo  $P_2O_5$ .- Se forma cuando el fósforo arde en exceso de aire. Reacciona violentamente con el agua, formándose ácido fosfórico, y se emplea en el laboratorio como agente deshidratante para los gases.

Trióxido de fósforo  $P_2O_3$ .- Se obtiene juntamente con el pentóxido, al arder el fósforo con cantidad limitada de aire. Es mucho más volátil que el pentóxido y se purifica fácilmente destilándolo en un aparato del cual se ha extraído el aire.

#### - ACIDO FOSFORICO.

El ácido fosfórico es un producto químico de gran importancia industrial, el cual, se prepara disolviendo el pentóxido de fósforo en agua.

El ácido fosfórico y sus sales tienen sus mayores

aplicaciones como detergentes y fertilizantes, así como en cosméticos y refrescos, entre otras. Como por ejemplo: el ácido ortofosfórico que forma tres tipos de sales, según que 1, 2 ó 3 de sus átomos de hidrógeno estén reemplazados por átomos metálicos. Estas sales son:

- el dihidrofosfato sódico también llamado fosfato sódico primario, el cual, se emplea (mezclando con el carbonato ácido de sodio) en la levadura química y también para eliminar la dureza del agua usada en las calderas e impedir la formación de costra.
- el fosfato ácido disódico o fosfato sódico secundario, y
- el fosfato trisódico o fosfato sódico terciario, que se utiliza como detergente (para limpiar los pisos de madera, etc), y para tratar el agua de las calderas.

Y también por ejemplo, el ácido pirofosfórico; que es uno de los ácidos condensados de mayor importancia ya que su interconversión al igual que la de los fosfatos, interviene en muchos procesos del cuerpo humano, entre ellos el metabolismo de los azúcares. Dicha reacción tiene lugar a la temperatura del cuerpo, bajo la influencia de enzimas especiales.

Otros ácidos de gran importancia son: el metafosfato que se emplea para eliminar la dureza del agua, siendo especialmente efectivo el hexametafosfato sódico y, el ácido trifosfórico cuyas sales sódicas se emplean en detergentes.

#### - FOSFATOS.

Son sales derivadas del ácido fosfórico, que no son venenosas. Son los detergentes separadores más efectivos y baratos. El de mayor importancia, por ser el que más se emplea para éste propósito es el tripolifosfato de sodio; que es el componente de muchas mezclas de detergentes. El cual, debido a su estructura provoca varios efectos útiles, como son:

- quitar las manchas de las prendas de vestir manteniendo suspendidas las partículas de mugre, de manera que se puedan eliminar fácilmente por lavado. Pero desafortunadamente, los fosfatos en los detergentes tienen también un efecto destructor

en el medio ambiente. Estos se acumulan en los lagos donde sirven de nutrientes para el excesivo crecimiento de las algas, muy por encima de lo que los pescados y otros seres marinos pueden consumir. Eventualmente las algas mueren, la bacteria que las descompone consume la mayoría del oxígeno del agua, la demás vida marítima es incapaz de sobrevivir. En algunas localidades el problema se ha vuelto tan severo que los detergentes con fosfato han sido prohibidos totalmente. En los detergentes líquidos se emplea el pirofosfato de sodio o de potasio que se hidroliza con menos rapidez.

Los fosfatos también son abonos valiosos para la tierra. Las plantas se componen de 14 elementos principales indispensables para su existencia y desarrollo y uno de ellos es el fósforo; compuesto mineral que las plantas no pueden asimilar del aire y que en la tierra se encuentra en combinaciones tan complejas que poco de él es inmediatamente asimilable. Por esto, cuando el mismo terreno se cultiva sin interrupción durante mucho tiempo, queda empobrecido en fósforo utilizable y debe de suministrarsele por medio de abonos. El más empleado hasta ahora es el superfosfato. También se emplean las escorias de los hornos de acero, llamadas escoria Thomas, que suelen ser ricas en fósforo y, el fosfato amónicopotásico que contiene los tres elementos que más suelen hacer falta a las tierras de cultivo.

Otro fosfato de gran utilidad es el trifenílico, el cual, es un plástificante sólido compatible con casi todos los disolventes orgánicos y plásticos. Una de sus principales aplicaciones es para la confección de películas fotográficas a base de acetato de celulosa.

Además, de las aplicaciones ya mencionadas anteriormente de los fosfatos que son de gran relevancia, la de mayor importancia es la que tienen en los sistemas biológicos. Este grupo fosfato se encuentra en el ácido desoxirribonucleico (DNA) y en los ácidos ribonucleicos (RNA), las moléculas responsables del control de la biosíntesis de proteínas y de la

transmisión de la información genética. También se le encuentra en el trifosfato de adenosina (ATP), que contribuye al almacén de energía dentro de las células vivas.

Al romper por hidrólisis con agua este grupo fosfato, se forma el difosfato de adenosina (ADP), reacción que produce 33kJ de energía, la cual es utilizada para llevar a cabo el trabajo mecánico de la contracción muscular y en otras muchas reacciones bioquímicas.

#### - FOSFATIDOS.

Se encuentran en todas las células vegetales y animales, siendo particularmente notorios en el tejido nervioso. Proviene del glicerol, ácidos grasos y fosfórico y, de un grupo nitrogenado; son ésteres del ácido fosfatídico con etanol-amina, colina o serina.

Cuando el grupo alcohólico de la colina está esterificado con ácido fosfatídico, se tiene fosfatidil-colina o una lecitina. Las lecitinas se encuentran como constituyentes de los tejidos cerebrales nerviosos, como también de la yema de los huevos. Las lecitinas purificadas son sustancias cerosas de color blanco que se oscurecen rápidamente al ser expuestas al aire. Se obtienen lecitinas comercialmente del fruto de la soya, y se emplean como agentes emulsificantes en las industrias lecheras y de confites.

Los fosfatidil etanolaminas y fosfatidil-serinas se conocen como cefalinas. Se hallan como mezclas en el tejido cerebral, y también están íntimamente ligadas al proceso de coagulación de la sangre.

#### - FOSFAMINA.

Se cree que la fosfamina se forma en la putrefacción de los cadáveres y restos de los animales, y a que su espontánea inflamación se deben las luces nocturnas de los cementerios. La fosfamina es un gas incoloro, poco soluble en agua, que se

reconoce por su olor aliáceo y su combustibilidad. Arde con llama blanca y brillante, desprendiendo humos de ácido fosfórico. Es un poderoso reductor que se apodera del oxígeno de muchos cuerpos para transformarse en ácido fosfórico. Por esta propiedad es muy venenoso, pues quita al organismo el oxígeno necesario para su funcionamiento. Por lo tanto, las aplicaciones de la fosfamina son muy pocas, una de ellas es su uso como reductor en los laboratorios y, para las punterías en combates navales nocturnos, por su espontánea inflamación.

#### - FOSFÁGENO.

Los fosfágenos son amidas del ácido fosfórico con compuestos sustituidos de guanidinio, tal como la creatina. Tales fosfamidias son sustancias con enlaces ricos en energía. La fosfocreatina se forma por una transferencia reversible del fosfato desde el ATP, catalizada por la creatina quinasa.

Se sabe que los músculos requieren un gran suministro de fosfato de alta energía asequible para contracciones rápidas, el cual es suministrado mediante el almacenamiento de otro tipo de compuestos, los fosfágenos. Cuando se agota el aporte de fosfágeno el músculo ya no responde a la estimulación, ya que la contracción depende durante la glicolisis del aporte de creatinfosfato del músculo. La presencia de fosfato de creatina le proporciona un suministro mucho mayor de energía, fácilmente disponible, que el que podría suministrar el ATP solo. Estos fosfágenos actúan como reservas para los enlaces de fosfato de alta energía.

Los fosfágenos se producen típicamente en décimos de milimoles por kilogramo de músculo. También se producen en el cerebro, presumiblemente, para proteger este tejido vital de cualquier accidente transitorio por falta de ATP. Su función como almacenes de energía se basa en enzimas que catalizan el equilibrio con el ADP, tales como la creatina quinasa que se encuentra en los músculos de los mamíferos y en el cerebro.

- HALUROS Y SULFUROS DE FOSFORO.

Los haluros de fosforo son el terpositivo y quinquepositivo. Estos haluros son útiles en la preparación de substancias orgánicas e inorgánicas

Dentro de los sulfuros de fósforo tenemos el trisulfuro tetrafosforoso, que se emplea como constituyente de cabezas de cerillos.

3.5.4 EJEMPLO ILUSTRATIVO DEL PROCESO

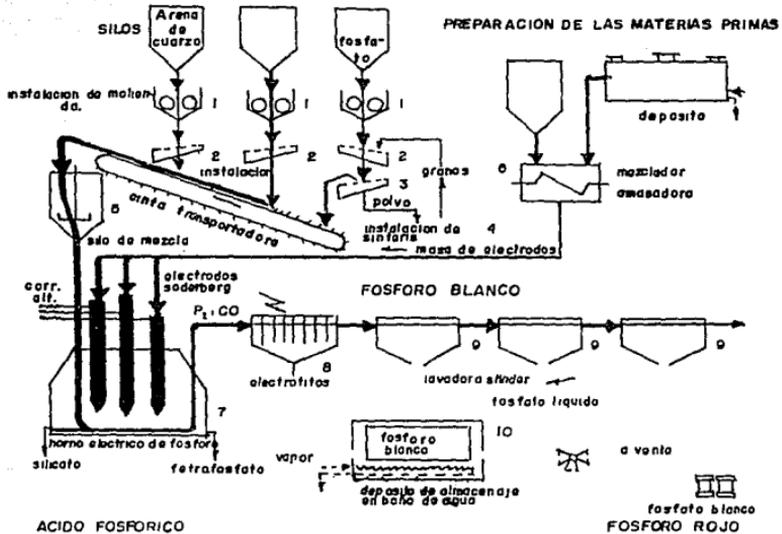
A continuación presentamos un ejemplo ilustrativo de la fosfatización y una breve explicación del mismo.

FOSFORO Y ACIDO FOSFORICO.

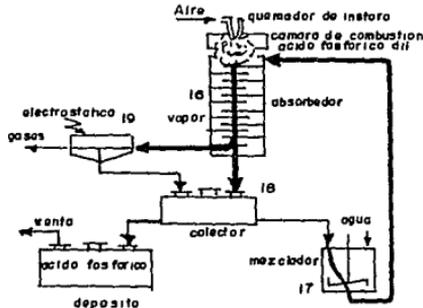
EL FOSFORO Y EL COQUE PASAN POR INSTALACIONES DE MOLIENDA (1) Y TAMIZADO (2). ES SEPARADO POR TAMICES ESPECIALES (3) Y SE PASA A LA SINTERIZACION (4) PARA AUMENTAR SU DUREZA. DESPUES SE PASAN A MEZCLAR HOMOGENEAMENTE (5) Y PASAN A EL HORNO ELECTRICO POR MEDIO DE UNOS TUBOS DE DISTRIBUCION. PARA ASI PODER OBTENER EL FOSFORO BLANCO. LA MASA PARA LOS ELECTRODOS SE PREPARA EN LA MEZCLADORA-AMASADORA (6), MEZCLANDOSE CON ALQUITRAN Y ANTRACITA. POSTERIORMENTE PASAN A LOS HORNOS. EN ESTOS, SE TIENEN TEMPERATURAS DE 1,500°C. EL SILICATO ES RECOLECTADO EN EL FONDO DEL HORNO. TODAS LAS IMPUREZAS SE ENCUENTRAN MEZCLADAS EN EL SILICATO, MENOS EL HIERRO, Y SE SANGRA, EN INTERVALOS DETERMINADOS PARA PODER ELIMINARLO DE LA MEZCLA. LOS GASES, COMO VAPOR DE FOSFORO MAS MONOXIDO DE CARBONO, SALEN DEL HORNO, DESEMPOLVANDOSE EN ELECTROFILTROS (8) Y SE DISMINUYE SU TEMPERATURA EN FORMA GRADUAL PASANDOLOS POR LAVADORES (9). EL FOSFORO FLUYE A EL DEPOSITO (10) EN EL CUAL SE MANTIENE SU TEMPERATURA CON AYUDA DE AGUA CALIENTE QUE SE HACE CIRCULAR.

EL FOSFORO ROJO SE OBTIENE A PARTIR DEL FOSFORO BLANCO QUE SE HACE PASAR POR UN AUTOCLAVE Y SE CALIENTA A 250 GRADOS CENTIGRADOS EN FORMA LENTA DURANTE 24 HORAS. ENTRE LOS 250 A LOS 300 GRADOS SE DA UN AUMENTO DE PRESION EN LA AUTOCLAVE Y SE SIGUE AUMENTANDO LA TEMPERATURA HASTA 350 GRADOS, EN ESTOS MOMENTOS EL FOSFORO BLANCO SE A TRANSFORMADO PLENAMENTE EN FOSFORO ROJO. SE PASA A MOLER (12) Y CON LEJIA DE SOSA DILUIDA (13) SE ELIMINA EN FORMA ABSOLUTA EL FOSFORO BLANCO. EL FOSFORO ROJO FINALMENTE SE SECA POR MEDIO DE NITROGENO CALIENTE. EL FOSFORO ROJO ES UTILIZADO PARA LAS SUPERFICIES DE RASPADO EN LAS CAJAS DE CERILLOS Y TAMBIEN SE PRODUCE EL TRISULFURO EL CUAL ES EMPLEADO PARA LAS CABEZAS DE LOS CERILLOS.

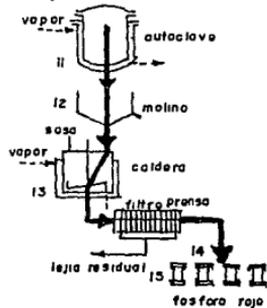
FOSFORO Y ACIDO FOSFORICO



**ACIDO FOSFORICO**



**FOSFORO ROJO**



## 3.6 HALOGENACION

### 3.6.1 PROCESO DE HALOGENACION

Se entiende por halogenación el proceso por el cual se introducen en un compuesto orgánico uno o más átomos de halógeno. La preparación de compuestos orgánicos que contienen flúor, cloro, yodo y bromo pueden realizarse por diferentes métodos.

Los métodos por los cuales se pueden obtener tales compuestos son los siguientes:

- cloración, bromación, yodación y fluoración.

Las halogenaciones implican reacciones de: 1) adición, 2) sustitución de hidrógeno, y 3) sustitución de ciertos grupos funcionales.

Para cada tipo de reacción se necesita un agente de halogenación específico y un catalizador adecuado. Los catalizadores que se emplean mucho son el hierro, el antimonio y el fósforo, que son capaces de combinarse con los halógenos para dar dos compuestos con valencia distinta.

### 3.6.2 CLORACION

Los derivados clorados, son los de mayor importancia industrial, ya que tienen ciertas ventajas por sus aplicaciones farmacéuticas o colorantes. Estos derivados halogenados se emplean como:

- líquidos para la limpieza,
- refrigerantes,
- anestésicos,
- estimulantes del crecimiento de plantas,
- entre otros diversos usos se emplean para la fabricación de colorantes, drogas y en gran cantidad como materia prima de muchas síntesis (preparación de alcoholes, de óxidos de

alquilo, de éteres de aminas, hidrocarburos etc.),

- en forma de ácido clorhídrico se usa para limpiar metales y en la fabricación de cloruros metálicos, cola y varios compuestos clorocarbonados. Además, de que es uno de los componentes más importantes de los jugos gástricos del estómago,
- en forma de hipocloritos se emplea para preparar disoluciones germicidas.

Para la obtención de estos productos algunos de los procedimientos empleados son:

- Halogenación con cloro gaseoso
- Cloración por medio del ácido clorhídrico con oxidantes y sin ellos.
- Deshidrohalogenación
- Cloración con hipocloritos
- El fosgeno y el cloruro de tionilo como agentes de cloración
- El cloruro de hidrocarburos parafínicos
- Cloración con cloruros de fosgeno
- Acción directa del cloro gaseoso
- El ácido clorhídrico como agente de cloración
  - a) reacción de adición, acción directa
  - b) reacciones de sustitución, acción indirecta
  - c) reacción de desplazamiento
- El hipoclorito sódico como agente de cloración
- Cloración con fosgeno
- Cloración con cloruro de sulfurilo
- Cloración con cloruros de fósforo
- Preparación electroquímica de compuestos halogenados.

Cloración en presencia de catalizadores.

También para llevar a cabo las cloraciones se emplean catalizadores. Los agentes catalíticos empleados corrientemente son: hierro metálico, óxido cúprico, bromo, yodo, azufre, los haluros de hierro, antimonio, estaño, arsénico, fósforo, aluminio y cobre, y carbones animales y vegetales.

Algunos ejemplos de la aplicación de algunos de estos catalizadores son:

Las sales de hierro, que se emplean en la preparación de tetracloruro de carbono.

El pentacloruro de antimonio que se usa para fabricar tetracloroetano, cloruro de etileno y anhídrido tetracloroftálico.

El bromo y el yodo se añaden en la mayoría de las halogenaciones en pequeñas cantidades junto con otras de transportadores de cloro.

El azufre y el cloruro de azufre se utilizan en la cloración del ácido acético glacial a ácido monocloroacético que se emplea en la síntesis del gas lacrimógeno y en la del indigo.

Por carbones porosos se pueden obtener por ejemplo, ácido clorhídrico y un derivado clorado del compuesto orgánico cuando reacciona con los hidrocarburos saturados y cloro.

#### Cloraciones fotocatalíticas.

Tiene gran importancia práctica la influencia que la luz puede ejercer en la marcha de las cloraciones, especialmente cuando esta influencia es selectiva. Este fenómeno se aprovecha industrialmente para la reparación de haluros en cadena lateral a partir de tolueno. Los resultados de la fotocatalisis dependen de dos factores que conviene distinguir: de la cantidad de luz presente y de la clase de esta. En ambos factores influye, a su vez, la cantidad y la calidad de absorción del medio. Evidentemente, esta absorción no es la misma para todas las radiaciones. La intensidad de cualquier radiación disminuye geoméricamente a medida que aumenta aritméticamente el espesor de la capa absorbente.

En las cloraciones térmicas se producen átomos de cloro por reacciones de disociación localizadas en las superficies de la cámara de reacción; en las cloraciones fotoquímicas, las moléculas de cloro se descomponen en cualquier punto al absorber un cuanto de luz azul, iniciándose con ello la cadena de reacciones.

### 3.6.3 BROMACION

En las bromaciones conviene, en general, emplear un disolvente compatible no sólo con el carácter del compuesto orgánico, sino también con el mismo bromo. Puede utilizarse agua, álcali diluido, ácido acético glacial, ácido sulfúrico concentrado, metanol, cloroformo, disulfuro de carbono y tetracloruro de carbono. Con el empleo de estos disolventes se mejoran las condiciones de reacción y ésta se puede regular más fácilmente.

Para elegir el disolvente deben tenerse en cuenta los reactivos con que se ha de trabajar y su reactividad específica frente a los distintos disolventes posibles; así, el benzaldehído capta el bromo disuelto en tetracloruro de carbono unas mil veces más rápidamente que lo hace cuando está disuelto en cloroformo o en disulfuro de carbono. La bromación conduce a la formación de benzoato de bromobencilo. La naturaleza del disolvente determina también la reactividad de los compuestos aromáticos con cadenas laterales frente a los distintos agentes de bromación.

Los derivados bromados se emplean en los laboratorios como reactivo y en la industria para la producción de películas fotográficas, medicamentos, materias colorantes y dibroetano para agregarlo a la gasolina que contiene tetraetilplomo, entre otros productos.

Uno de los procedimientos para obtener algunos de los productos anteriores es el siguiente:

Reacciones de adición con bromo.- Este tipo de reacciones se emplean por ejemplo: para bromar el alcohol alílico y obtener así glicerina.

### 3.6.4 YODACION

El cloro y el bromo reaccionan fácilmente con el metano y otros hidrocarburos saturados; no ocurre así con el yodo, cuya

reacción con estos compuestos se logra solo en determinadas condiciones. El cloro y el bromo reaccionan con el hidrógeno con desprendimiento de calor, mientras que en idénticas condiciones (400°C) la formación del ácido yodhídrico se verifica con absorción de calor. Es poco corriente emplear catalizadores para las yodaciones, el de mejores resultados parece ser el fósforo. Para la yodación de aminocompuestos se emplea ventajosamente el monoclóruo de yodo, también se emplean el ácido yodhídrico y los hipoyoditos alcalinos.

- Los derivados de yodación se emplean como:
- antisépticos en la 'tintura de yodo' y de yodoformo,
- en la sal de mesa en forma de yoduro de sodio que es esencial en la dieta humana para el funcionamiento apropiado de las glándulas tiroideas,
- en forma de yoduro de plata se emplea en la fotografía, etc.
- en la preparación de yoduros y de diversos compuestos orgánicos especialmente de colorantes artificiales.
- en medicina se usa como desinfectante, para atacar la escrófula y como estimulante de las mucosas.

Algunos de los procedimientos empleados para obtener los derivados de yodación son los siguientes:

Tratamiento de los compuestos alifáticos.

Adición.- El yodo y el ácido yodhídrico se combinan fácilmente con los hidrocarburos no saturados, y se emplean por ejemplo para formar diyoduro de etileno o yoduro de etilo.

El de Desplazamiento se usa para desplazar el cloro y el bromo por yodo y para preparar los yoduros de alcohilo.

Otro procedimiento de obtener derivados yodados consiste en tratar un alcohol con ácido yodhídrico. Por este procedimiento se obtiene yoduro de metilo.

Industrialmente, el yodoformo se prepara por electrólisis.

Compuestos aromáticos.

Sustitución.- La sustitución directa del yodo en el núcleo bencénico solo es posible en presencia de un agente de oxidación. Cuando se trata benceno con yodo y ácido yódico se forma yodobenceno.

### 3.6.5 FLUORACION

En las condiciones normales, el flúor ataca con violencia todos los compuestos orgánicos, y algunos, como el éter, el benceno y la trementina, se inflaman inmediatamente al ponerse en contacto con él. Las explicaciones que se dan a esta actividad violenta y destructora se dan en función de que es el más electronegativo de todos los elementos y de que tiene una carga nuclear positiva elevada, por lo que reaccionará atómicamente antes que iónicamente, debido a la gran dificultad que encierra la pérdida de un electrón para formar un ion positivo,  $F^+$ .

En consecuencia, en las fluoraciones orgánicas deben ocurrir reacciones rápidas en cadena, como así sucede efectivamente.

El flúor actúa directamente sobre los hidrocarburos para producir fluoruros. Los nuevos enlaces creados son tan fuertes y el calor liberado en la reacción de fluoración es tan grande que es preciso tomar precauciones para moderar la reacción y poderla conducir debidamente y de manera ordenada impidiendo las reacciones en cadena o bien por disipación de calor. Por esta razón, se suelen emplear además de los métodos directos, métodos indirectos.

Un buen método indirecto para preparar los fluoruros es la reacción entre el fluoruro sódico o potásico y el sulfato ácido de alquilo.

Los medios o sistemas más comunes para moderar las fluoraciones directas, son estos:

1. Dilución del flúor con un gas inerte.
2. Llevar a cabo la reacción en un disolvente inerte.
3. Fluorar con la ayuda de compuestos que ceden con facilidad átomos o moléculas de flúor.
4. Efectuar la reacción en fase vapor, a través de un relleno de malla metálica, con o sin ayuda de otro catalizador.
5. Por reacción del flúor con un compuesto relativamente inerte.
6. Varias combinaciones de los anteriores.

De todos estos sistemas, la disolución del flúor con un gas inerte, que rodea el halógeno de moléculas no reactivas, no ha proporcionado un éxito total ella sola. Si la reacción se lleva a cabo en un disolvente inerte, que también envuelve al reactivo, con frecuencia se fracasa, pues casi todos los líquidos orgánicos reaccionan con el flúor y los fluorohidrocarburos de los compuestos orgánicos.

Algunas de las aplicaciones de los derivados de fluoración son los siguientes:

- Los compuestos de flúor han sido utilizados desde hace tiempo como conservadores de la madera para prevenir su ataque por hongos.
- Los fluoruros, tal como el fluoruro sódico y el mineral criolita, se usan como insecticidas. La criolita pulverizada en partículas de tamaño coloidal es muy eficaz contra los insectos destructivos masticadores y puede aplicarse para la protección de los frutos alimenticios al ser fácilmente eliminadas por el lavado.
- Los fluorocarbonados, muy estables térmica y termodinámicamente, se usan como lubricantes, refrigerantes y fluidos hidráulicos a altas temperaturas.
- El ácido fluorhídrico disuelve el vidrio, principalmente silicato de calcio, y, por tanto, se le usa para grabarlo.
- El fluoruro de sodio se usa como insecticida y fungicida.
- El fluoroacetato de sodio una substancia rodenticida, es excelente para el control de ratas, etc.

### 3.6.6 PROYECTO Y CONSTRUCCION DE LAS INSTALACIONES DE HALOGENACION

Para los procesos de halogenación antes mencionados no es posible dar normas concretas para proyectar y construir instalaciones de este tipo; las condiciones varían extraordinariamente, no sólo porque se trate de sistemas continuos o por cargas, sino debido a que los productos a obtener pueden ser muy distintos. Las reacciones en fase vapor, particularmente aquellas que son aceleradas por la luz, necesitan una instalación completamente distinta de la que se ha de emplear en el caso de cloraciones en fase líquida de olefinas, parafinas, benceno, ácidos carboxílicos, etc.

En cambio, en lo referente a materiales de construcción, las variaciones son menores, pues hay pocos de estos que resistan bien la reacción corrosiva del ácido clorhídrico o de sus soluciones acuosas. Los mejores aparatos son los de hierro, recubiertos con plásticos o emplomados, y los revestidos de ladrillo vidriado; también se utilizan materiales cerámicos, cuarzo fundido, vidrio y esmaltes, también para toda la instalación o para alguna de sus partes.

Cuando se opera con disoluciones acuosas y el ácido clorhídrico se encuentra en fase líquida o vapor, y especialmente cuando se trabaja a presión, el material sin duda más apropiado es el tantalio. Los reactores y tubos de catálisis recubiertos de tantalio resisten muy bien y tienen una vida muy larga.

También se emplean satisfactoriamente, como materiales de construcción de las calderas o cubas de reacción, maderas resinosas, concretamente la de pino rojo o pino de tea. Todos los zunchos y juntas deben cubrirse con plomo u otro protector, cual es la mezcla de alquitrán y silicatos (prodoita) o alquitrán y brea, para disminuir la corrosión y evitar el desajuste de las piezas. No es aconsejable el uso de grandes aparatos de fundición esmaltada en las cloraciones en que el ácido clorhídrico no se retira o absorbe inmediatamente. Experimentalmente se ha

comprobado que el esmalte se puede atacar por un sólo punto débil (muy probable en tan grande superficie) y una vez comenzado el ataque en ese punto, fácilmente se extiende a todo el aparato.

En las cloraciones que se realizan a bajas temperaturas es más conveniente y económico hacer circular el agua de refrigeración por tubos de plomo situados dentro del aparato, o hacer circular la carga por un sistema de refrigeración exterior, que emplear camisa exterior. Cuando se ha de trabajar a temperaturas próximas o por bajo de los 0°C, se suele emplear como líquido refrigerante una disolución de cloruro cálcico, que se enfría en una máquina de refrigeración al efecto. Si la reacción ha de realizarse con iluminación, las juntas de la tapadera se cierran con vidrio de 8 a 12 mm, lo que permite el paso de la luz sin pérdida de estanqueidad.

Todos los cloradores están provistos de mirillas que permiten observar el curso de la reacción y están iluminados por una máquina eléctrica. El color del gas permite detectar el escape de muy pequeñas cantidades de cloro.

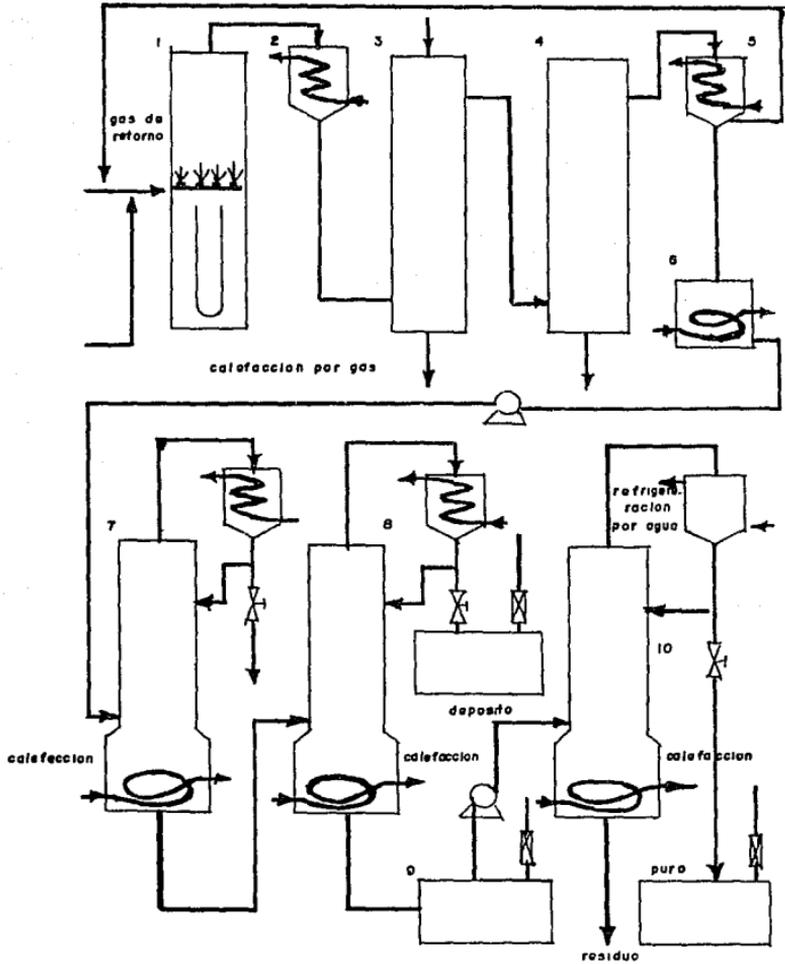
### 3.6.7 EJEMPLO ILUSTRATIVO DEL PROCESO

A continuación se explica brevemente el esquema de un ejemplo ilustrativo de este proceso.

#### CLORACION DEL METANO.

EN LA CÁMARA DE REACCIÓN (1) SE INTRODUCE CLORO Y METANO (CON UN EXCESO DEL QUINTUPLA DEL METANO), Y SE CALIENTA A 400°C PARA FORMAR CLORURO DE METILO. SE PASA A (2) EN EL CUAL SE ENFRÍA PASANDO POSTERIORMENTE A (3), EN LA QUE SE LAVA CON AGUA PARA PODER SEPARAR EL GAS CLORHIDRICO, QUE SE HA FORMADO, REALIZANDO LA EXTRACCION POR LA PARTE INFERIOR. LOS ULTIMOS RESTOS DE ACIDO SON SEPARADOS EN (4) AL EFECTUARSE UN LAVADO PERO AHORA CON LEJIA DE SOSA DILUIDA. SE PASA POSTERIORMENTE A (5) EN EL CUAL SE SEPARA EL CLORURO DE METILO Y EL METANO. EL CLORURO DE METILO SE LICUA Y PASA AL DEPOSITO (6) ENFRIANDOLO ENERGIICAMENTE, MIENTRAS QUE EL METANO ES NUEVAMENTE RECICLADO. EL CLORURO DE METILO BRUTO SE CONDUCE DESPUES A (7) EN EL QUE SE PRODUCE UN FRACCIONAMIENTO A 8ATM, Y POR CUYA CABEZA ESCAPA EL CLORURO DE METILO PURO, EL CUAL SE ENFRÍA DE NUEVO Y PASA A UN RECIPIENTE A PRESION. LO QUE QUEDA EN (7) PASA A LA COLUMNA (8) EN EL QUE SE DESTILA AL APLICAR UNA PRESION DE 4ATM, Y POR LA PARTE SUPERIOR SE EXTRAE EL CLORURO DE METILO. EL CLOROFORMO SE PASA A ALMACENAR A (9) Y DESPUES SE DESTILA EN (10).

# CLORACION DEL METANO



### 3.7 HIDROLISIS

#### 3.7.1 PROCESO DE HIDROLISIS.

En general se llama hidrolisis al proceso en el cual el agua y otro compuesto orgánico o inorgánico sufren una doble descomposición, siendo la materia prima básica el agua.

En química inorgánica se identifican con este término a la acción inversa de la neutralización, mientras que en química orgánica es más amplio, abarcando reacciones del tipo de la saponificación de las grasas y otros ésteres, la de la inversión de los azúcares, el desdoblamiento de las proteínas y la fase final de Grignard; las cuales con agua solamente pueden llevarse a cabo, aunque en forma lenta e incompleta. Además también se incluyen aquellas reacciones en las que se añaden agentes aceleradores al agua. Los de mayor importancia por su acción son: los álcalis, los ácidos y las enzimas.

- Los álcalis se utilizan cuando se requiere obtener la sal sódica de los ácidos.
- Los ácidos se emplean por ejemplo: en la saponificación de la celulosa para producir la glucosa, para obtener a partir de la madera el alcohol y, la obtención de la glucosa a partir del almidón.
- Las enzimas se utilizan en los procesos vitales tanto de animales como de vegetales, especialmente en el acondicionamiento de las sustancias alimenticias que han de ser asimiladas por el organismo, las cuales actúan como catalizadores.

De acuerdo con lo anterior, se clasifica a la hidrólisis en cinco tipos diferentes:

- hidrólisis en la que se emplea solamente agua,

- hidrólisis con disoluciones acuosas de ácido,
- hidrólisis con disoluciones acuosas de alcalinos,
- hidrólisis con fusiones alcalinas con poca o casi nada de agua pero con temperaturas altas, e
- hidrólisis con enzimas, que desempeñan un papel de catalizadores.

También se puede clasificar la hidrólisis en dos tipos en cuanto al tipo de fase en la que se de este proceso: reacciones en fase líquida y reacciones en fase vapor.

### 3.7.2 APLICACIONES DE LA HIDROLISIS.

El proceso de hidrólisis tiene sus principales aplicaciones dentro de la industria además de las ya antes mencionadas para:

- Hidrolizar el almidón en jarabe y dextrosa; que es la operación de mayor importancia, y para obtener mieles
- Producir la sal de carbonato de sodio, conocida con el nombre de sosa en la industria, que se emplea en la industria del rayón, películas fotográficas, jabón, papel y petróleo.
- Obtener el fenol a partir: de síntesis, del ácido bencenosulfónico, del clorobenceno por el proceso Dow y, por el proceso regenerativo, el cual es utilizado para la fabricación de decolorantes.
- Obtener el ácido clorhídrico, que es utilizado para la fabricación de cola, gelatina y dextrosa, en la limpieza de metales y, los médicos lo recetan muy diluido para casos de indigestión.
- Fabricar jabones, glicerina y ácidos grasos.
- Hidrolizar los hidratos de carbono, como son los azúcares, la celulosa y el almidón para obtener por ejemplo: la glucosa y el furfural.
- Preparar a partir de cloropentanos alcoholes amilicos y sus derivados, especialmente para elaborar lacas de piroxilina.
- Preparar alcoholes a partir de olefinas.

- Preparar etanol a partir del etileno.
- Fabricar el etilenglicol al convertir primeramente la clorhidrina en óxido de etileno.
- Obtener el  $\beta$ -naftol, entre otras.

### 3.7.3 TIPOS DE HIDROLISIS.

\* Hidrólisis en la que se emplea solamente el agua.

Son pocos los casos en los cuales la hidrólisis se puede llevar a cabo con agua solamente, sin ninguna ayuda. Lo más común es operar a temperaturas y presiones elevadas para que se pueda completar rápidamente este proceso; por lo que se suelen utilizar agentes aceleradores.

Dentro de los procesos de hidrólisis que se llegan a llevar con agua solamente podemos mencionar los siguientes:

- El reactivo de Grignard que es utilizado en la conversión del acetaldehído en alcohol isopropílico.
- La hidrolización de los ácidos, las lácticas y otros anhídridos internos, como el óxido de etilo.
- La hidrolización de los sulfatos de alquilo, la cual se lleva a cabo completamente al calentarlos, así como también la de los alcoholatos metálicos. Mientras que la de los ésteres, proteínas, carbohidratos, etc., se realiza ligeramente.
- También se consideran dentro de este tipo de hidrólisis aquellas reacciones en las que se utiliza el vapor de agua como sustituto del agua líquida, las cuales dan buenos resultados, por ejemplo: la obtención del benceno y del ácido sulfúrico al hidrolizar el ácido bencenosulfúrico con vapor de agua y, la del naftaleno al hidrolizar el ácido  $\alpha$ -naftalinsulfónico.

\* Hidrólisis alcalina.

Dentro de la hidrolisis alcalina, se pueden distinguir diferentes casos de hidrólisis, y son:

- cuando se utiliza concentraciones pequeñas de álcalis en el

- proceso para hidrólizar éteres y otros productos semejantes,
- cuando se emplea sosa cáustica en cantidades suficientes a presiones y concentraciones elevadas, y
  - fusión de las sustancias orgánicas con sosa o también con potasa cáustica. Este proceso se utiliza para los ácidos sulfónicos.

#### \* Hidrólisis ácida.

La utilización de los ácidos en la hidrólisis ha sido aplicada en ésteres, azúcares, amidas, etc.

Los ácidos clorhídrico y sulfúrico son los más utilizados. El sulfúrico forma compuestos intermedios; esto ocurre en el procedimiento ácido de desdoblamiento de grasas para la obtención de ácidos grasos y en la obtención del alcohol a partir del etileno.

Una proteína que se emplea en gran cantidad es el gluten de trigo, apreciado por su gran contenido de ácido glutámico. El glutanato monosódico es un condimento que se utiliza para dar sabor a carnes, a las sopas y otros productos alimenticios. En la fabricación de fibras textiles semejantes a la lana, se emplea otra proteína llamada zeína que es sacada del maíz.

#### \* Hidrólisis enzimática.

Las enzimas son catalizadores orgánicos que se utilizan principalmente en los procesos vitales de animales y vegetales. A parte de esta aplicación son muy pocas las operaciones que se pueden efectuar para que la hidrólisis se realice empleando las enzimas. Como es el caso de la fabricación del alcohol, en el que se aprovecha la acción de la invertasa sobre las melazas y, el de la industria de la cerveza en donde se utiliza la hidrólisis compleja del almidón en maltosa y glucosa por acción de las amilasas.

Sin embargo, dentro de la bioquímica la hidrólisis enzimática juega un papel de gran importancia.

### 3.7.4 PRODUCTOS SUSCEPTIBLES DE HIDROLISIS.

No parecen existir reglas generales que permitan predecir el comportamiento de las sustancias orgánicas frente a los agentes hidrolizantes, por lo tanto se mencionarán algunos de los tipos principales de estos compuestos:

- Hidrocarburos.
- Hidratos de carbono.
- Esteres.
- Eteres (óxidos orgánicos).
- Haluros orgánicos.
- Compuestos de nitrógeno.
- Ácidos sulfónicos.

### 3.7.5 EFEECTO DE LA TEMPERATURA, DE LA PRESION Y DE LA CONCENTRACION DE LOS REACTIVOS EN LA HIDROLISIS.

\* Temperatura.- Su efecto principal es en la velocidad de reacción; la cual se duplica al elevar su temperatura en 10°C, aunque también afecta su posición de equilibrio; pero en una proporción menor, por lo que se puede prescindir de su efecto al considerar la necesidad de tener que trabajar a temperaturas lo más altas posibles para que la reacción se lleve a cabo completamente en el menor tiempo posible.

\* Presión.- De acuerdo con el producto que se este trabajando y por consiguiente de la presión que se tenga que aplicar, ésta afectará en la intensidad de la reacción aumentándola conforme se incremente la presión.

\* Concentración de los reactivos.- Conforme se aumente la concentración de los reactivos que se esten empleando para llevar a cabo la hidrólisis y manteniendo las demás condiciones fijas, se aumenta la velocidad de reacción. Más sin embargo, también afecta en la producción de subproductos indeseables, por lo que se debe tener cuidado en manejar la concentración adecuada para que se obtenga el producto deseado; en lo posible, en un 95%.

### 3.7.6 INSTALACIONES PARA LA HIDROLISIS.

Dado que la mayoría de las reacciones de hidrólisis se llevan a cabo en medios ácidos o alcalinos; empleándose dentro de los ácidos: el sulfurico y el clorhídrico ( ya sean diluidos o concentrados), y entre las bases: la sosa y potasa cáustica y, las sales alcalinas de los ácidos débiles (en disolución acuosa o fundida); los materiales utilizados para la construcción de los aparatos empleados en estas operaciones son muy variados.

Para los procesos alcalinos, en general, se pueden utilizar recipientes de hierro y acero; ya que muy raras veces la sosa cáustica ataca el hierro y produce hidrógeno. Por lo que a pesar del duro trabajo al que se ven sometidos, son de larga duración.

Para la hidrólisis ácida, donde se utiliza el ácido sulfúrico y clorhídrico, los materiales a emplear varían dependiendo del ácido que se vaya a utilizar. Por ejemplo:

- En la sacarificación de la madera con ácido sulfurico diluido, se emplean aparatos forrados con plomo o con ladrillos refractarios. Mientras que si se utiliza ácido clorhídrico superconcentrado, se emplean aparatos de gres o de hierro; forrados con ladrillos resistentes a los ácidos, unidos por un cemento especial. También se emplean en los evaporadores de este proceso, hierro recubierto con caucho.
- Cuando se trata de hidrólisis en fase vapor, de los haluros orgánicos con ácido clorhídrico gaseoso y humedo, se emplea el tantalio o el "Toncan" (aleación de hierro, molibdeno y cobre).
- Cuando se trabaja con el ácido clorhídrico a temperaturas no muy elevadas y éste se encuentra seco, se pueden utilizar instalaciones de acero.
- Si se trabaja con el ácido clorhídrico diluido, se emplean instalaciones de níquel y metal monel por ser bastante resistentes a la acción corrosiva de éste ácido. O también, emplear instalaciones de aleaciones a base de cobre, como el bronce fosforado.

### 3.7.7 EJEMPLO ILUSTRATIVO DEL PROCESO.

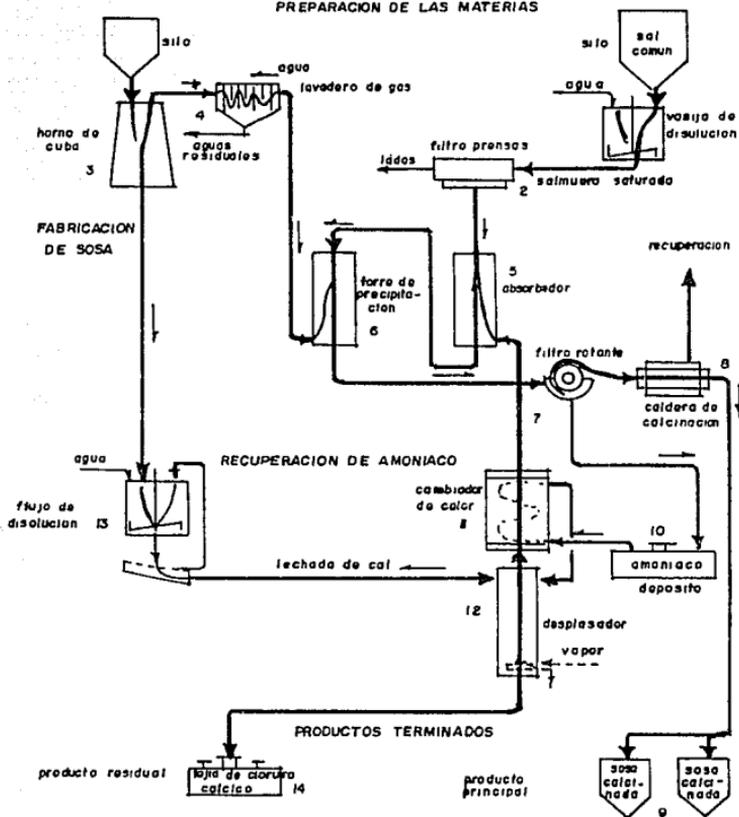
En el siguiente esquema se muestra un ejemplo ilustrativo de el proceso de hidrólisis y se da una breve explicación del mismo.

SOSA.

SE PREPARA UNA DISOLUCION SATURADA DE CLORURO SODICO, LA SALMUERA SE PONE EN TINAS Y SE AÑADE HIDROXIDO CALCICO Y CARBONATO SODICO. CON LA CUAL SE OBTIENEN HIDROXIDOS Y CARBONATOS INSOLUBLES. SE PRECIPITA CARBONATO DE CALCIO, HIDROXIDO DE MAGNESIO Y CARBONATO BASICO DE MAGNESIO. LA SALMUERA SALE POR LA PARTE SUPERIOR DE LOS RECIPIENTES, (VASIJAS DE DECANTACION) ELIMINANDO TODAS LAS IMPUREZAS SOLIDAS (2), PASANDO LA PARTE PURA DE LA SALMUERA AL ABSORBEDOR DE AMONIACO (TORRE CILINDRICA, QUE FUNCIONA COMO DESTILADOR). DESDE LA PARTE SUPERIOR FLUYE LA SALMUERA HACIA ABAJO Y POR LA PARTE INFERIOR SE INYECTA GAS AMONIACO PARA SER SATURADA LA SALMUERA. PASA POSTERIORMENTE AL ABSORBEDOR (6) DONDE SE INTRODUCE DIOXIDO DE CARBONO (TORRE DE PRECIPITACION). EN ESTA TORRE ES NECESARIO MANTENER UNA TEMPERATURA DE 55°C PARA FORMAR CARBONATO ACIDO DE SODIO QUE SE SEPARA DE LA DISOLUCION (7). EL SOLIDO ES LAVADO CON AGUA, POSTERIORMENTE PASA A EL HORNO ROTATORIO (8) PARA FORMARSE CARBONATO SODICO ANHIDRO Y SE ALMACENA EN (9). LA LEJIA QUE SALE DE (7) CONTIENE AMONIACO Y SE ALMACENA EN (10) PARA OBTENER EL AMONIACO, PARA LO CUAL ES NECESARIO PASARLO POR EL INTERCAMBIADOR (11) A LA DESCOMPOSICION; EN LA QUE SE OBTIENE LEJIA DE CLORURO CALCICO (12), POR LA INTRODUCCION SIMULTANEA DE LECHADA DE CAL PROCEDENTE DE LA VASIJA DE DISOLUCION (13), EL CUAL ES CALENTADO. EL GAS DE AMONIACO SE DESPRENDE PASANDO POR (11) Y SE RECICLA.

# SOSA (metodo sorvay)

## PREPARACION DE LAS MATERIAS



### 3.8 FERMENTACION

#### 3.8.1 PROCESO DE FERMENTACION

Antiguamente se llamaba fermentación al fenómeno por el cual, sin causa aparente, una sustancia líquida o pastosa se hinchaba con desprendimiento de gases; especialmente de anhídrido carbónico, modificando al mismo tiempo su composición. Las fermentaciones antiguas más conocidas son la del mosto de uva, al transformarse en vino, la de la pasta de harina en la fabricación del pan y la del agua miel extraída del maguey, en pulque.

En la actualidad, la palabra fermentación se aplica en general al proceso químico por medio del cual un compuesto orgánico experimenta diferentes cambios, alteraciones o transformaciones producidas por acción de ciertos cuerpos llamados enzimas, de naturaleza orgánica.

Dichas enzimas son moléculas tipo proteínas producidas en el interior de las células vivas, que en su gran mayoría son sustancias nitrogenadas, que poseen las características de: acelerar reacciones específicas, que no se consumen durante el proceso y que tampoco llegan a formar parte de los productos obtenidos.

#### 3.8.2 TIPOS DE ENZIMAS QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE FERMENTACION

Las enzimas se denominan con la terminación genérica asa, precedida del nombre de la sustancia sobre la que actúan; así por ejemplo se dice: alcoholasa, maltasa, lactasa, etc.

Las enzimas, atendiendo a su diverso comportamiento con respecto a los disolventes, se dividen en exoenzimas y en endoenzimas.

Las primeras son las secretadas por la célula en el medio

donde van a acelerar aquellas reacciones que les permiten hidrolizar las moléculas grandes, como proteínas, celulosa, carbohidratos o, moléculas más pequeñas para ser aprovechadas como alimento por los microorganismos. Las segundas, son las que actúan dentro de la célula, y por lo tanto, son empleadas para la respiración, asimilación, y crecimiento de la célula.

Y en cuanto al tipo de reacción que provocan, al actuar como catalizadores se clasifican de la siguiente manera:

- óxido-reductasas.- que intervienen de manera fundamental en el proceso de fermentación puesto que son las que están relacionadas con las oxidaciones y reducciones biológicas. A este tipo de enzimas pertenecen: las hidrogenasas (alcohólica o succínica), las peroxidasas, las hidroxilasas y las oxigenasas.

- transferasas.- son aquellas que excluyen al hidrógeno al catalizar entre dos sustratos, el traspaso de grupos químicos. Dentro de este tipo de enzimas se encuentran las siguientes: metil transferasas, aciltransferasas, glucosiltransferasas, transaminasas y las cinasas.

- hidrolasas.- que son aquellas capaces de producir la hidrólisis, como lo son: las carboxilestearasas, las peptidasas, las nucleasas, las lipasas, las hidrolasas tiol-ésteres y las glucosidas.

- liasas.- este tipo de enzimas son las que catalizan tanto la adición como la salida de grupos funcionales, por ejemplo: las descarboxilasas, aldolasas y cetoácidoliasas.

- isomerasas.- que son capaces de catalizar distintos tipos de isomerización, como lo es: óptica, de posición, geométrica, funcional, etc. Por ejemplo, tenemos: las racemasas, las isomerasas cis-trans, transferasas intermoleculares.

- ligasas.- que son las que permiten la unión de dos moléculas, como lo es por ejemplo las sintetasas de aminoácidos.

### 3.8.3 TIPOS DE MICROORGANISMOS ENCARGADOS DE PRODUCIR LA FERMENTACION

Como se menciono anteriormente, las enzimas son los cuerpos encargadas de acelerar determinadas reacciones en la fermentacion, por lo que ahora mencionaremos a los cuerpos encargados de producir la fermentacion y son los microorganismos. Estos microorganismos, como su propio nombre lo dice, son organismos celulares, generalmente microscopicos, que viven a expensas de las sustancias en fermentacion, y en este caso la fermentacion es consecuencia de la vida del fermento. Estos microorganismos son plantas unicelulares, cuyas dimensiones sólo alcanzan algunas milésimas de milimetro y que pertenecen al grupo de los seres denominados bacterias o microbios.

Los microorganismos que son utilizados para la fermentacion son: las levaduras, algunas bacterias y los mohos.

Las bacterias se propagan por division cuando son favorables las condiciones en que se hallan, y cuando no, forman esporas resistentes al frío y a temperaturas relativamente elevadas sin perder sus facultades de desarrollo, por lo que, cuando se llevan a medios favorables se reproducen y se desarrollan. Se encuentran en todas partes: suelo, aire y agua por lo que fácilmente entran en contacto con liquidos y sustancias húmedas, expuestas al aire. Causan oxidaciones y descomposiciones, y con frecuencia putrefacciones de cuerpos que contienen materias albuminoides y nitrogenadas. Los productos resultantes de su accion son venenosos. Frecuentemente son causa de enfermedades graves en los animales y en el hombre. Muchas enfermedades del vino y la cerveza se deben a las bacterias, así como la fermentacion acética, lactica y butirica, y a la produccion de nitratos y ácido nítrico.

Las bacterias perecen cuando se les somete a condiciones desfavorables, como pueden ser al medio de acidez o basicidad, y otras a la temperatura.

Otra división de estos fermentos, los clasifica en aerobios y en anaerobios. Los primeros son los que necesitan del aire para vivir, y los segundos son los que pueden desarrollarse sin él. A veces la vida de estos fermentos puede ser mixta, es decir, aerobia y anaerobia, y entonces suelen determinar producciones diferentes, según su género de vida. Algunos ejemplos de estos tipos de bacterias son los siguientes:

- *Lactobacillus delbrueckii*, *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus lactis*, que se utilizan en la fermentación láctica, para elaborar leche ácida, yogurt y quesos.
- *Bacterium curvum*, *Bacterium orleanense* y *Acetobacter ranceus*, que son empleados en la fermentación acética.

Los mohos, pertenecen al grupo de algas y hongos que determinan también fermentaciones; estos son superiores en organización, y son capaces con frecuencia de vivir de otro modo que como fermentos. Entre los procesos aerobios de fermentación se encuentran los siguientes:

- *Aspergillus niger*, el cual es utilizado en la fermentación cítrica y oxálica.
- *Aspergillus fumaricus*, que se emplea en la fermentación fumárica.
- *Penicillium chrysogenum* y *Penicillium notatum*, que se aplican para obtener la penicilina.
- *Streptomyces griseus*, empleado en la elaboración de estreptomomicina.

Las levaduras también pertenecen a este grupo. Unas veces se le da este nombre a ciertos mohos y al grupo de hongos unicelulares capaces de originar la fermentación alcohólica; y otras veces se da también este nombre a diversas mezclas que contienen dichas criptogamas, como la espuma y el poso que se forma en los mostos y en los vinos al fermentar, la masa de harina en fermentación que se emplea en la elaboración del pan, etc. Entre las levaduras se encuentran las siguientes:

- *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces ellipsoideus*, que son empleadas en la fermentación alcohólica.

#### 3.8.4 TIPOS DE FERMENTACION

Las fermentaciones más conocidas son las siguientes:

- fermentación alcohólica
- fermentación acética
- fermentación láctica y
- fermentación butírica

En la fermentación alcohólica tiene gran importancia industrial las levaduras por su acción. Las levaduras se conocen en varias especies y se encuentran abundantemente en la atmósfera y sobre todo, en líquidos azucarados, frutos, secreciones mucosas de árboles, leches, quesos, líquidos fermentados y en el suelo y en el excremento de los animales.

La levadura está constituida por agregación de células de plantas, formando una masa amarilla viscosa, de olor característico y de acción ácida. Estas células se propagan y desarrollan rápidamente en condiciones apropiadas que son: la temperatura, de 6 a 26°C en presencia de un azúcar fermentable, de materias nitrogenadas o sales minerales con fosfatos y sulfatos de calcio, potasio y magnesio; también en presencia de oxígeno del aire que luego se elimina para evitar fermentaciones secundarias que transformarían el alcohol en ácido acético y otros productos. Las sustancias fermentescibles se transforman por la fermentación alcohólica en alcohol industrial, vino, cerveza y aguardientes.

Como tipo de levadura se ha tomado la *SACCHAROMICES CEREVISIAE* y el hombre la ha utilizado desde hace mucho tiempo para la fabricación de cerveza.

El arte de elaborar cerveza, básicamente es el mismo por años, haciendo de la industria cervecera una industria de gran tradición. La cerveza se produce por fermentación de materias amiláceas contenidas en las semillas de cebada y que sufren modificaciones en la germinación. La transformación de la cebada

en cerveza incluye tres procesos fundamentales: el malteo, la maceración y la fermentación.

En la fermentación acética, los líquidos que tienen baja graduación alcohólica pueden sufrir una segunda fermentación por acción del 'micoderma aceti' llamado vulgarmente madre del vinagre. En esta fermentación se requiere la presencia del oxígeno del aire, el cual es fijado por microorganismos sobre las moléculas del alcohol, que por oxidación se transforman en ácido acético.

La industria fabrica el ácido acético en la purificación del ácido pirolefeso (ácido acético obtenido por destilación de la madera); y a menudo se hacen soluciones de éste ácido acético para obtener el vinagre.

La fermentación láctica se produce por acción de un bacilo llamado 'bacilo láctico' sobre la lactosa o azúcar de leche. Se producen por éste medio ácido láctico que se emplea como medicamento y en la curtiduría. Un bacilo que en la actualidad se emplea mucho es el 'bulgaro' el cual se utiliza para fabricar yogurt.

La fermentación butírica se produce por la acción de bacterias sobre la mantequilla que produce ácido butírico que se emplea en la medicina.

### 3.8.5 EJEMPLO ILUSTRATIVO DEL PROCESO

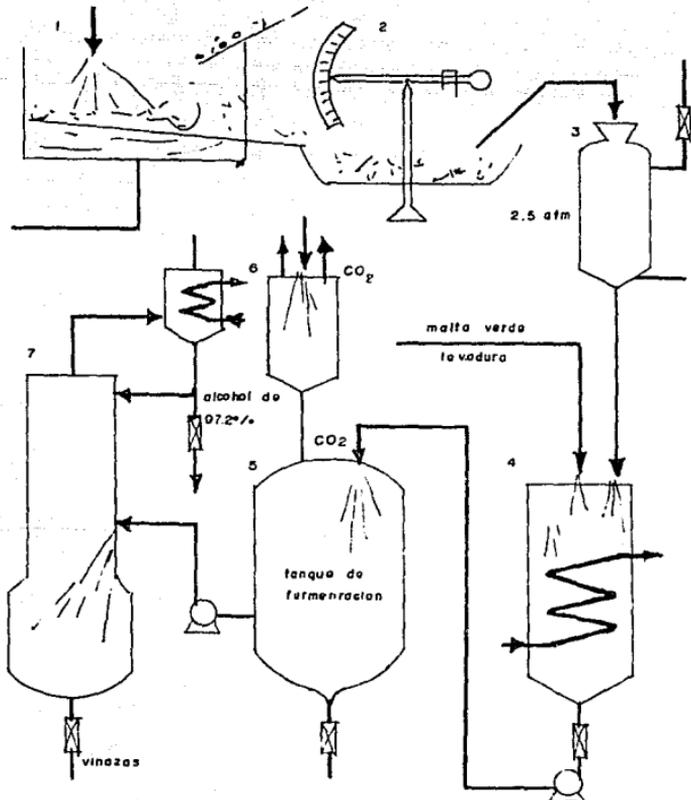
Un ejemplo ilustrativo y típico de fermentación se describe brevemente en el siguiente esquema.

ALCOHOL A PARTIR DE LAS PATATAS.

(1) LAS PATATAS LIMPIAS PERFECTAMENTE SE PASAN A UN COCEDOR EN EL CUAL SE HIDROLIZAN POR MEDIO DE VAPOR DURANTE 40 MINUTOS (3).

EL AGUA QUE SE FORMA POR CONDENSACION DEL VAPOR SE PASA A UNA CUBA DE MALTEADO (4), EN EL CUAL ENTRA POSTERIORMENTE. DESPUES SE ANADE LA MALTA VERDE, LA CUAL SE DEBE DE MANTENER A UNA TEMPERATURA ENTRE 55 Y 60°C PARA QUE OPERE EN LAS MEJORES CONDICIONES, LO QUE SE OBTIENE POR MEDIO DE UN SERPENTIN. ESTE PROCESO DE MALTEADO SE REALIZA RAPIDAMENTE, DESPUES SE ENFRIA ENTRE 25 Y 30°C Y SE AGREGA LA LEVADURA. POSTERIORMENTE CON AYUDA DE UNA BOMBA SE PASA ESTA PREPARACION A LA CUBA DE FERMENTACION (5). SE EMPLEAN RECIPIENTES CERRADOS EN LOS CUALES SALE ANHIDRIDO CARBONICO (6) A TRAVES DE UNA INSTALACION DE LAVADO EN LA QUE SE QUEDA RETENIDO EL ALCOHOL. EL PROCESO DE FEMENTACION TIENE UNA DURACION APROXIMADA DE 3 DIAS. DESPUES DE SEDIMENTARSE LA LEVADURA SE LLEVA A UNA COLUMNA DE RECTIFICACION, EN LA QUE SE OBTIENE EL ALCOHOL (7).

# ALCOHOL A PARTIR DE LAS PATATAS



### 3.9 POLIMEROS O PLASTICOS

#### 3.9.1 LOS PLASTICOS Y SU DIVISION

Con el nombre de plástico se distinguen los cuerpos que poseen la propiedad de adelgazarse, ensancharse y alargarse, en pocas palabras, de ser dúctiles y blandos. Estos cuerpos pueden ser producto de polimerización, condensación, derivados de la celulosa o de otros productos naturales, que durante su fabricación, pasan por la fase plástica y que más tarde adquieren una consistencia rígida.

Los plásticos se pueden dividir en tres grupos, que son:

- a) termoplásticos que son los que por medio del calor se ablandan y se pueden moldear, como por ejemplo los plásticos vinílicos,
- b) termoestables son los que una vez procesados y que han adquirido su rigidez, ya no se pueden ablandar por medio del calor, por ejemplo los plásticos fenólicos y de urea y la arcilla.
- c) elastoplásticos son productos elásticos que tienen una semejanza con el caucho natural.

Hay que tener en cuenta dos clases de sustancias dentro de los plásticos porque intervienen en ellos como auxiliares. Estas son los plastificantes y las cargas. Los plastificantes son los que proporcionan fluidez y viscosidad a las mezclas, y las cargas son las que modifican alguna propiedad del producto terminado.

Los principales plásticos, dado a que existe una gran diversidad de ellos, se agrupan en series de acuerdo a las sustancias que los originan y son:

- plásticos acrílicos
- plásticos alílicos
- plásticos alquílicos

- plásticos de caseína, zeína y proteína de soya
- plásticos de caucho clorado
- plásticos de cumarona-indeno
- plásticos de fenol-formol
- plásticos de lignina
- plásticos de melamina-formol
- plásticos de poliestireno
- plásticos de urea-formol
- plásticos derivados de la celulosa
- plásticos poliamídicos
- plásticos vinílicos

### 3.9.2 PLASTIFICANTES Y ENDURECEDORES

Los plastificantes son cuerpos que al combinarse con los plásticos, les proporcionan a éstos flexibilidad, dureza, viscosidad, entre otras propiedades; para producir mezclas moldeables. Además de que los plastificantes deben de contar con ciertas propiedades de gran importancia como son: compatibilidad con el polímero con el que se va a mezclar, no debe de ser tóxico, ser resistente a la humedad, no volátil, químicamente inerte, inninflamable, de naturaleza amorfa, etc.

Algunos de los plastificantes de mayor relevancia y empleo son:

- + el fosfato tricresílico
- + ftalato dimetílico
- + ftalato dibutílico
- + glicolato de metil-ftaliletilo
- + fosfato trifenílico, se emplea para la confección de películas fotográficas a base de acetato de celulosa.

Los endurecedores son sustancias que se agregan a los plásticos artificiales para acelerar el proceso de endurecimiento, los cuales pueden actuar por combinación química o como catalizadores. Los principales endurecedores son:

- + los endurecedores para plásticos fenólicos: ácido sulfúrico,

clorhídrico, nítrico, fosfórico y oxálico; clorhidrato de anilina, nitrato de urea, amoníaco, anilina y resorcina.

+ los endurecedores para plásticos de urea: ácidos clorhídrico, bromhídrico, acético, salicílico, clorhidratos de anilina y toluidina, amoníaco.

+ los endurecedores para plásticos alquídicos: agua oxigenada, ácidos fluorhídrico, sulfuroso y fórmico, trifluoruro de boro, diversas sales de zinc, aluminio y plomo, óxidos de calcio y magnesio.

+ los endurecedores para plásticos vinílicos: peróxido de benzilo, ozono, sosa y potasa cáusticas, etanolamina, sílice y bauxita.

+ los endurecedores para plásticos de cumarona: ácidos sulfúrico y fosfórico, cloruros de aluminio, hierro, estaño, bismuto o zinc.

+ los endurecedores para plásticos de caseína: sosa y potasa cáusticas, sales amoníacas y de cromo, ácidos picrico y tánico, sulfocianuros alcalinotérreos.

+ los endurecedores para plásticos de zeína: ácido clorhídrico amoníaco, aminas primarias y formamida, entre otros.

### 3.9.3 APLICACIÓN DE LOS PLÁSTICOS

Los plásticos en la actualidad, por su facilidad de manejo, ahorro tanto económico como en peso, estética, facilidad de diseño, entre otras características, son de gran utilidad y han ido abarcando el mercado tanto comercial como industrial; al ser utilizados como substitutos o formar parte de alguna máquina, de artículos domésticos, industriales, eléctricos, etc., etc. Por lo que a continuación solo se mencionaran algunas de las aplicaciones que se les dan a los plásticos.

- Se emplean en la fabricación de barnices antiácidos utilizados en la industria química,
- en la fabricación de telas (sedas artificiales o nylon y lana sintética),
- para fabricar algunas partes de vehículos (aviones,

- automóviles, etc.), lo que proporciona un gran ahorro en peso; por ejemplo en los aviones puede ser hasta de un 40%,
- para elaborar numerosos objetos como son: artículos deportivos, envolturas para artículos alimenticios, zapatos, muebles, material eléctrico, sanitario, de cocina, de cirugía, etc.,
  - en la elaboración de domos y demás superficies curvas para refractar la luz,
  - en la fabricación de envases, bolsas, etc., etc.

### 3.9.4 PLÁSTICOS, SU MATERIA PRIMA Y SUS APLICACIONES

#### Materias primas

Las materias primas que se ocupan para fabricar los plásticos son muy pocas, las principales son: acetona, formol, fenol, anhídrido ftálico, etileno, acetileno, naftaleno, benceno, urea y celulosa. Dichas materias son extraídas de las principales fuentes naturales, que son: la madera, el petróleo, la caliza, la hulla y el agua.

A continuación se mencionaran algunas características de las principales materias primas para fabricar los plásticos y el ó los productos que se obtienen y/o sus aplicaciones.

#### Plásticos derivados de la celulosa.

De acuerdo con la constitución química de la celulosa, se tiene que se forman los éteres y ésteres. Dentro de los cuales, los principales son:

- acetato de celulosa.- que es empleado por sus magnificas propiedades moldeables, además de que puede pulirse, en forma de hoja es estampable y permite su chapado e incrustación.
- nitrato de celulosa.- es un éster termoplástico, utilizado principalmente en la fabricación de cuero artificial que es más económico, entre otras ventajas.
- éteres de la celulosa.- el principal éter de la celulosa es la etilcelulosa por ser un termoplástico inninflamable, de gran solubilidad y moldeable. Otros éteres de la celulosa son

la bencelulosa y la metilcelulosa. Las aplicaciones que se le dan a este último éter más que en la elaboración de plásticos, son en la elaboración de sueros artificiales, colirios, lacas, barnices, ungüentos y cremas. Además de que es utilizado como agente emulsificante en el agua para disminuir su tensión superficial.

#### Plásticos de caseína, zeína y proteína de soya.

+ Plásticos de caseína.- Son buenos aislantes eléctricos y son casi ininflamables, que admiten toda clase de coloraciones y poseen la propiedad de absorber y exhalar la humedad. Al ser pulidos adquieren un brillo semejante al del marfil. Su principal aplicación es en la elaboración de botones.

+ Plásticos de zeína.- Sus aplicaciones son muy semejantes a las de los plásticos de caseína.

+ Plásticos de proteína de soya.- Se obtienen de la semilla de soya, por lo que son económicos. Se ocupan para la fabricación de fibras textiles así como para otras aplicaciones industriales.

#### Plásticos vinílicos.

Son considerados como uno de los de mayor importancia por sus características termoplásticas; principalmente por no alterarse frente al oxígeno y a los oxidantes. Son buenos aislantes eléctricos, resistentes a bajas temperaturas y transparentes. Los plásticos de este grupo son muchos, algunos de ellos son:

+ Poliétileno o polieteno.- A estos plásticos pertenece el etileno que es utilizado como aislante de cables y conducciones eléctricas.

+ Acetato de vinilo.- Se utiliza como adhesivo.

+ Cloruro de vinilo.- Empleado para elaborar telas resistentes, que aguantan sin romperse 3 millones de dobleces seguidos.

+ Alcohol polivinílico.- Empleado para obtener películas elásticas que se usan en fotolitografía con excelentes resultados.

+ Acetales polivinílicos.- Dentro de estos plásticos los más utilizados son los siguientes:

- a) el formal-polivilino.- usado como agente elástico, y como aislante para recubrir los conductores eléctricos e impregnar hélices de madera,
- b) el acetal polivilino, y
- c) el butiral-polivilino.- utilizado para fabricar vidrios de seguridad.

#### Plásticos acrílicos.

Estos plásticos, son unos de los más populares tanto en el comercio como en la industria, por su belleza y transparencia insuperables. Poseen un alto índice de refracción, por lo que son empleados en la fabricación de prismas y lentes, como transmisores en superficies curvas de la luz; por lo que con ellos se elaboran anuncios luminosos y demás superficies curvas para adorno y decoración. Además, también se emplean para construir aparatos curvos luminosos de gran utilidad médica y quirúrgica, lo que ayuda eliminar peligros térmicos y eléctricos del manantial de luz. La única desventaja que presentan estos plásticos, es que no pueden someterse a temperaturas algo elevadas porque tienden a reemblandecerse. Pero esta propiedad ha sido aprovechada en química dental, en la fabricación de dentaduras postizas.

#### Plásticos de fenol-formol.

Los plásticos de fenol-formol son buenos aislantes a bajas tensiones, son resistentes a los disolventes orgánicos y a los ácidos y álcalis diluidos, además, de que muy difícilmente son combustibles.

#### Plásticos de urea-formol.

Las principales aplicaciones que se le dan a este tipo de plásticos son para impregnaciones de papel amianto, maderas y

fibras, como adhesivo, para fabricar barnices y para la obtención de un plástico termestable conocido por su claridad y transparencia como vidrio orgánico.

Estos plásticos son resistentes al calor, a la luz y a los ácidos; así como a la acción disolvente de grasas y aceites.

#### Plásticos de melamina-formol.

Este tipo de plásticos es empleado para la fabricación de vajillas y de cuadros de distribución eléctrica, puesto que son buenos dieléctricos, también son resistentes al calor, a los zumos de ácidos de frutas y no se reemblandecen con el agua hirviendo.

#### Plásticos alílicos.

Este tipo de plásticos son totalmente transparentes pues no producen desprendimiento de gases. Son empleados principalmente en la elaboración de abrasivos; por ser resistentes a la acción de disolventes, y de actuar en las sustancias fibrosas; como agentes de impregnación.

#### Plásticos de poliestireno.

Se caracterizan por ser buenos aislantes y ser empleados como substitutos del bálsamo de Cánada para pegar prismas y lentes; por poseer un alto índice de refracción.

#### Plásticos de cumarona-indeno.

Estos plásticos son excelentes adhesivos.

#### Plásticos poliamídicos.

Dentro de este tipo de plásticos, el más importante es el nylon, el cual, debido a su termoplasticidad se puede hilar; lo que da lugar a la fabricación de fibras sintéticas que

poseen propiedades que las fibras naturales hasta nuestros días no tienen, como son por ejemplo: mayor elasticidad, resistencia y que son indismellables. Entre otras de sus propiedades podemos mencionar su ductilidad lo que permite por ejemplo: que una fibra de 9 metros de nylon pese sólo un gramo. Otra propiedad que posee es su alta resistencia a la mayoría de los disolventes orgánicos; únicamente se puede disolver con ácido fórmico, crisol, fenol, ácido acético y minerales concentrados, además de poseer la ventaja de que no se altera por bacterias y hongos.

#### Elastoplásticos o caucho artificial.

Con el nombre de pseudoplásticos se distinguen los plásticos que cuentan con la propiedad de elasticidad y que se asemejan en algunas de sus propiedades al caucho natural. Dichos plásticos se pueden vulcanizar con azufre, como el caucho lo cual les proporciona a los productos obtenidos a través de este medio, más elasticidad, menos sensibilidad a los cambios de temperatura y también menos solubilidad en los disolventes orgánicos. Algunos de los principales pseudoplásticos son: thiokolés, perbuna, neopreno, caucho butílico, polibutadieno y policloropreno.

#### 3.9.5 EJEMPLO ILUSTRATIVO DEL PROCESO

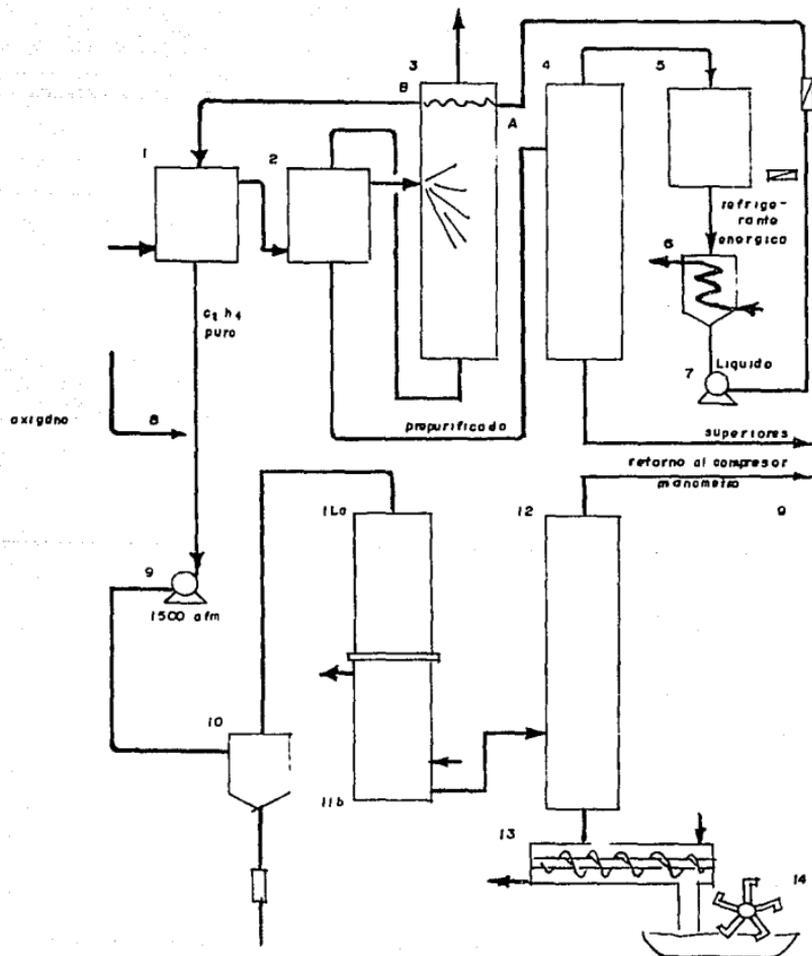
A continuación se muestra en el esquema un ejemplo ilustrativo de este proceso y una breve explicación del mismo.

#### POLIETILENO DE ALTA PRESION.

SE INICIA ESTE PROCESO ENFRIANDO LA MATERIA PRIMA, QUE ES EL ETILENO BRUTO EN DOS INTERCAMBIADORES DE CALOR (1) Y (2). POSTERIORMENTE SE PASA AL LAVADO DEL METANO (3) EN EL QUE ENTRA EL ETILENO LIQUIDO PROCEDENTE DE (7) EN PUNTO DE EBULLICION. AQUI SE EVAPURAN EL METANO Y EL HIDROGENO Y, SALEN POR LA CABEZA DE LA COLUMNA, INMEDIATAMENTE DESPUES SALEN EL ETANO Y LOS HIDROCARBUROS SUPERIORES CON MUCHO ETILENO, LOS CUALES SE REUNEN EN EL FONDO. POR (b) SE RETIRA EL ETILENO PURO QUE SE PASO POR PRECALENTAMIENTO (1), EL CUAL SIRVE PARA REFRIGERACION DEL ETILENO BRUTO A LA INSTALACION DE POLIMERIZACION. EL LIQUIDO QUE SE VA AL FONDO ATRAVIESA EL INTERCAMBIADOR (2) Y LLEGA A LA COLUMNA (4) DONDE SE DA LA SEPARACION PLENA DEL ETILENO DE TODOS

LOS HIDROCARBUROS SON PUNTO DE EBULLICION ELEVADO. ESTOS SALEN POR EL FONDO, MIENTRAS POR LA PARTE SUPERIOR LO HACE EL ETILENO PURO. SE REALIZA EL ENFRIAMINETO (5) POR MEDIO DEL ETILENO LIQUIDO. POSTERIORMENTE PASA POR EL REFRIGERANTE (6) EN EL CUAL SE REALIZA SU LICUEFACCION Y CON AYUDA DE UN COMPRESOR (7) SE ENVIA AL PUNTO (4) Y (3a). EL ETILENO PURO QUE SALE (1) SE MEZCLA CON OXIGENO (CATALIZADOR), COMPRIMIENDOSE (9) PASANDO POR UN SEPARADOR DE ACEITE (10), PASANDO POSTERIORMENTE POR EL REACTOR (11) EN EL CUAL SE REALIZA LA POLIMERIZACION DENTRO DEL REACTOR. EL REACTOR CONSTA DE UN HAZ DE TUBOS (a) DONDE SE VERIFICA LA POLIMERIZACION CON GRAN DESPRENDIMIENTO DE CALOR. EN LA OTRA PARTE DEL REACTOR (b) SE LE SOMETE A REFRIGERACION PARA OBTENER LA TEMPERATURA DESEADA. EN LA PARTE INFERIOR DEL REACTOR, LA POLIMERIZACION SE HA LLEVADO A CABO EN SU MAYOR PARTE DEL ETILENO, Y SE HACE PASAR POR EL SEPARADOR (12), REALIZANDOSE TAMBIEN UNA EXPANSION PARCIAL, QUE AYUDA A LIBERAR EL ETILENO NO UTILIZADO, Y SE HACE RETORNAR AL CICLO DE POLIMERIZACION A TRAVES DEL COMPRESOR. EL POLIETILENO SE EXTRAE FINALMENTE POR EL EXTRUSOR (13) DONDE SE REALIZA UNA REFRIGERACION PARA SALIR SOLIDO PARA POSTERIORMENTE UTILIZARLO DE MATERIA PRIMA PARA LA ELABORACION DE PRODUCTOS TALES COMO LAMINAS.

POLIETILENO DE ALTA PRESION



### 3.10 LA QUIMICA DEL PETROLEO

#### 3.10.1 EL PETROLEO

El petróleo es una substancia combustible líquida, negra y viscosa, formado por hidrocarburos aromáticos, alcanos o parafínicos, alicíclicos o naftas y algunos olefínicos. El contenido de cada uno de ellos varía de acuerdo con el lugar en el que se encuentre el yacimiento, por lo que se le ha clasificado en 4 clases y son:

- petróleo americano, que es el que contiene mayor proporción de parafinas saturadas,
- petróleo ruso.- que contiene una mayor cantidad de compuestos alicíclicos,
- petróleo de las islas holandesas.- rico en hidrocarburos aromáticos, y
- petróleo canadiense, mexicano o de la isla trinidad.- formado por una mayoría de alcanos.

Los principales mantos petrolíferos se encuentran en el seno de la tierra. En un principio la extracción del petróleo se limitaba a recoger el que fluía en los terrenos o en el agua y, el que se obtenía de algunos pozos de poca profundidad, pero conforme el hombre ha ido desarrollando la tecnología, también la excavación de pozos de mayor profundidad se ha ido acelerando empleando diferentes métodos de extracción según sean las condiciones que se presenten en el yacimiento a explotar. Tales pozos pueden exceder los 6000 metros de profundidad según sea el caso. De acuerdo con lo anterior los pozos se dividen en cuatro clases, que son:

- pozo fluyente.- en el cual se aprovecha la presión que los gases generan en el interior del yacimiento, lo que provoca que cuando se hace la perforación el petróleo fluya espontáneamente. El flujo de éste puede ser continuo, intermitente y en algunas condiciones inducido.
- pozo neumático.- se utiliza cuando es necesario inducir el flujo del petróleo al exterior, lo cual se hace cabando un pozo

Paralelo y se le inyecta gas.

- pozo mecánico.- utilizado cuando la presión natural de los gases del yacimiento no es la suficiente para lograr la elevación del petróleo a la superficie. Este consiste en colocar bombas que pueden ser de émbolo accionadas por unas varillas.

- pozo de recuperación.- es utilizado cuando en el pozo mecánico sólo se puede obtener entre un 15 y 20% del petróleo del yacimiento en cuestión, debido a que la presión interior disminuye y la densidad del petróleo aumenta. El empleo del pozo de recuperación consiste en inyectar agua en el yacimiento, con lo cual se obtiene un rendimiento del 35%. Por lo que para mejorar tal rendimiento se emplea también inyección de vapor que calienta el petróleo y facilita su fluidez, la inyección de aire; que provoca una combustión controlada que sirve para calentar el petróleo al igual que el vapor y, la inyección de detergentes.

El petróleo tal cual se obtiene de los pozos se le llama petróleo bruto y petróleo crudo, y en este estado no tendría aplicación industrial, cuando mucho como combustible. Para que pueda tener usos industriales, debe de someterse a una primera destilación llamada topping; en la cual se separan los hidrocarburos que constituyen al petróleo, aprovechando sus distintos puntos de ebullición. Estos primeros productos que se obtienen se utilizan como materia prima en la elaboración de diversos artículos comerciales. Posteriormente se fracciona en productos más o menos volátiles y, refinado por destilación, dá gasolina, gas-oil, mazut, parafina, etc. Los hidrocarburos gaseosos desprendidos durante la destilación se conducen al hogar para ser utilizados como combustible. Así pues, al proceso antes descrito se le llama refinación del petróleo.

Los nombres comerciales que se les asigna a las fracciones obtenidas de la refinación del petróleo son:

- gas y gases licuados (metano, etano y eteno o acetileno, propano, butano),
- éter de petróleo y ligroinas o naftas ligeras,
- gasolinas,

- queroseno,
- aceites lubricantes y parafinas, y
- asfaltos.

### 3.10.2 PROPIEDADES DE LOS PRODUCTOS DERIVADOS DEL PETROLEO

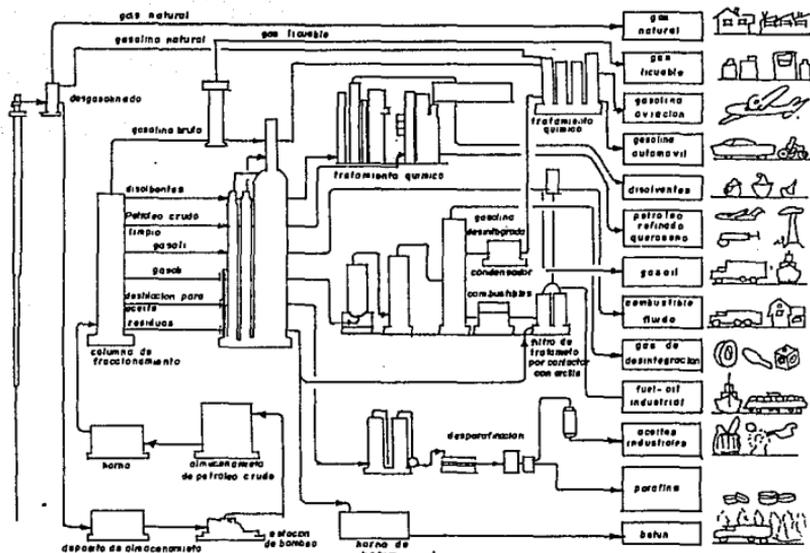
Los primeros productos obtenidos del petroleo son gases, los segundos son liquidos, y, los ultimos son sólidos. Cuando son puros, son incoloros, los liquidos y gaseosos poseen un olor especial llamado empireneumático. Son insolubles en el agua, pero solubles en el alcohol, eter y benceno. Son combustibles; al arder con escasez de aire producen agua y dan humo. a causa de las muchas particulas carbonosas que quedan libres; pero con abundancia de oxígeno dan agua y bioxido de carbono sin humo.

### 3.10.3 APLICACIONES DEL PETROLEO

- Los hidrocarburos gaseosos sirven como combustibles y para el alumbrado.
- Los liquidos. ademas de estas aplicaciones, se utilizan como disolventes y lubricantes.
- Los solidos se emplean en medicina y en la fabricacion de bujias.
- En particular la gasolina se emplea en grandes cantidades para los motores de automoviles y de aviones.
- Se emplea en la industria de la goma y como disolvente en muchas otras.
- El queroseno o petróleo para el alumbrado sirve para la calefacción y el alumbrado.
- Se emplea para producir aceites pesados lubricantes , que como su nombre lo indican se emplean como lubricantes de las máquinas y también para alimentar determinados motores.
- Se utiliza para obtener también vaselina que se emplea para preparar pomadas y unguentos medicinales, para evitar la oxidacion de objetos metálicos y para preparar polvoras sin humo.

- Se obtienen también parafinas las cuales tienen muchas aplicaciones, por ejemplo como sustituto de la cera y del sebo en las bujías, para impregnar papel, madera, yeso, etc., como material aislante de la electricidad, etc.

En el siguiente esquema se muestran los productos obtenidos en una refinería y las aplicaciones principales de sus derivados.



#### 3.10.4 TECNICAS EMPLEADAS PARA ELABORAR LOS COMBUSTIBLES DE MAYOR DEMANDA

La situación de la industria de refinación actualmente en el mundo y las tendencias tecnológicas, señalan la importancia que tienen los procesos llamados 'del fondo del barril', los relacionados con la obtención de mejores combustibles que incluyen gasolinas sin plomo con mayor octano, con menor presión de vapor y menor contenido de aromáticos y en muchos casos con la presencia de compuestos oxigenados.

Entre las técnicas más importantes para elaborar los combustibles de mayor demanda, con calidad internacional se encuentran las siguientes:

- Hidrotratamiento
- Desintegración de nafta en lecho fluido, utilizando catalizadores más selectivos a la producción de gasolinas de alto octano.
- Aplicación de aditivos catalíticos al proceso de desintegración de gasoleos.
- Isomerización de corrientes de bajo índice de octano.
- Purificación de residuos primarios mediante el proceso IMPEX y obtención de cargas desmetalizadas en el proceso DEMEX.
- Aplicación del proceso de transformación selectiva de hidrocarburos, por incorporación de zeolitas estereoselectivas.
- Utilización de catalizadores mejorados para el hidrotratamiento de destilados.
- Utilización de aditivos mejoradores de calidad de gasolinas y combustóleos.

A continuación se mencionaran algunos de ellos y en lo que se pueden aplicar u obtener.

- \* Reformación con procesos semi-regenerativos y con regeneración continua.

El proceso de reformación es hoy en día uno de los procesos más importantes en el esquema de refinación del petróleo a nivel

mundial ya que es una de las fuentes de origen natural para el abastecimiento de combustibles automotrices de alta calidad ya que con este proceso es factible incrementar el número de octano RONC, de 50 a 95 en el producto, con lo cual es posible disminuir en forma considerable el empleo de compuestos antidetonantes que representa un grave problema de contaminación al medio ambiente.

Actualmente, de las ocho plantas reformadoras PEMEX, 7 operan en proceso semi-regenerativo y una con proceso con regeneración-continua.

★ Desintegración catalítica con nuevos catalizadores.

Este proceso se emplea para la obtención de productos de mayor valor comercial, como son combustibles automotrices (gasolinas), las materias primas para los procesos de polimerización (propano-propileno, butano-butileno, etc), aceites cíclicos (ligeros y pesados) útiles en la formulación de combustibles (diesel y/o combustóleos) y un residuo con un contenido alto de compuestos aromáticos que se emplean como materia prima en la obtención del negro de humo.

★ Proceso IMPEX.

El objeto del proceso IMPEX es remover en alto grado los contaminantes metálicos, asfálticos y carbonosos presentes en los residuos primarios provenientes de la destilación atmosférica de crudos pesados. La aplicación comercial de este proceso está suspenso a la utilización de residuales que se obtienen (asfaltenos), para lo cual se está intensificando el desarrollo de tecnologías para su uso como energético en su quemado en hornos o calderas de lecho fluidizado y para usos varios, como el caso de la tecnología para la gasificación de residuales.

- Esquemas para el mejoramiento de combustibles.

La situación de los combustibles que utiliza el sector automotriz es más complicada que la de los combustibles industriales, ya que las normas de emisiones de los automotores, tanto las generadas en el escape como las de origen evaporativo, son cada vez más estrictas y el cumplimiento de esta

normatividad, depende en muchos casos de la calidad de los combustibles.

Las tendencias en cuanto a la calidad de las gasolinas son las siguientes:

- disminución de presión de vapor Reid, con el objetivo de reducir las emisiones evaporativas del combustible,
  - reducción de las olefinas,
  - reducción de compuestos aromáticos,
  - eliminación de los compuestos del plomo,
  - incremento en el índice de antidetonantes.
- Esquemas para mejoramiento de gasolinas.

Aditivos de octano y mejores catalizadores para el proceso de desintegración catalítica.

Dada la importancia que representa la aportación de gasolinas del proceso de desintegración catalítica (FCC) de gasóleo, el cual incrementó el número de octano de las gasolinas, se disminuye el uso de tetraetilo de plomo en la formulación de las gasolinas comerciales (RONC 81) y se reduce la contaminación al medio ambiente. Con la incorporación de este aditivo en el lecho fluido catalítico de las plantas FCC es posible incrementar en 1 ó 2 unidades el valor del número de octano de la gasolina.

\* Proceso de transformación selectiva.

Por medio de este proceso, es posible generar gasolina de alto octano empleando catalizadores zeolíticos.

\* Proceso de isomerización.

Con este proceso, es posible incrementar el número de octano de las gasolinas mediante la conversión selectiva de hidrocarburos ligeros como lo son los pentanos de alta producción en PEMEX en isómeros.

\* Proceso para la obtención de metil terbutil éter (MTBE).

La incorporación de este compuesto oxigenado a las gasolinas permite la reducción de las emisiones de escape en cuanto a

monóxido de carbono y de hidrocarburos no quemados.

- Mejoramiento de Diesel.

En lo referente al combustible Diesel, las regulaciones futuras tienden a:

- disminuir el contenido de azufre y plomo,
- reducir el contenido de aromáticos, y
- reducir la temperatura final de destilación.

- \* Las mallas y la operación unitaria de adsorción.

Las mallas moleculares, tienen una estructura cristalina ordenada, la cual da por resultado un tamaño uniforme de poro, de modo que la adsorción en la malla es interna; esto es, la apertura del poro da paso a una red interna tridimensional, en cuya superficie se lleva la adsorción, ofreciendo ventajas sobre los adsorbentes amorfos que adsorben en superficie externa únicamente.

- Secado de gas natural.

Debido a su gran selectividad en la adsorción y su alta capacidad a bajas presiones parciales de agua, las mallas son ampliamente utilizadas para la deshidratación total de gas natural criogénico. Así mismo, pueden utilizarse en el secado de gas natural con alto contenido de gases ácidos sin que se presente degradación o efectos colaterales.

- Remoción de azufre en gas natural.

Por su afinidad a compuestos de azufre, las mallas moleculares se utilizan para endulzamiento de gas natural por remoción selectiva de sulfuro de hidrógeno y mercaptanos. También pueden utilizarse para la desulfuración del gas natural que vaya a servir de alimentación para reformado vapor-metano en síntesis de amoníaco.

- Remoción de dióxido de carbono en gas natural.

Las mallas moleculares se usan comúnmente para purificar corrientes de gas que contienen dióxido de carbono en

aplicaciones criogénicas, donde congelamientos de dióxido de carbono pueden provocar taponamiento en los equipos de baja temperatura. Las mallas usando un solo frente purificador remueven simultáneamente agua y dióxido de carbono alcanzando purzas bajas.

\* Regeneración.

El medio típico de regeneración es el gas natural, el cual puede consumirse en sistemas de obtención de combustibles. En algunos casos una pequeña corriente de gas LP puede usarse para el paso de regeneración.

### 3.10.5 EJEMPLO ILUSTRATIVO DEL PROCESO

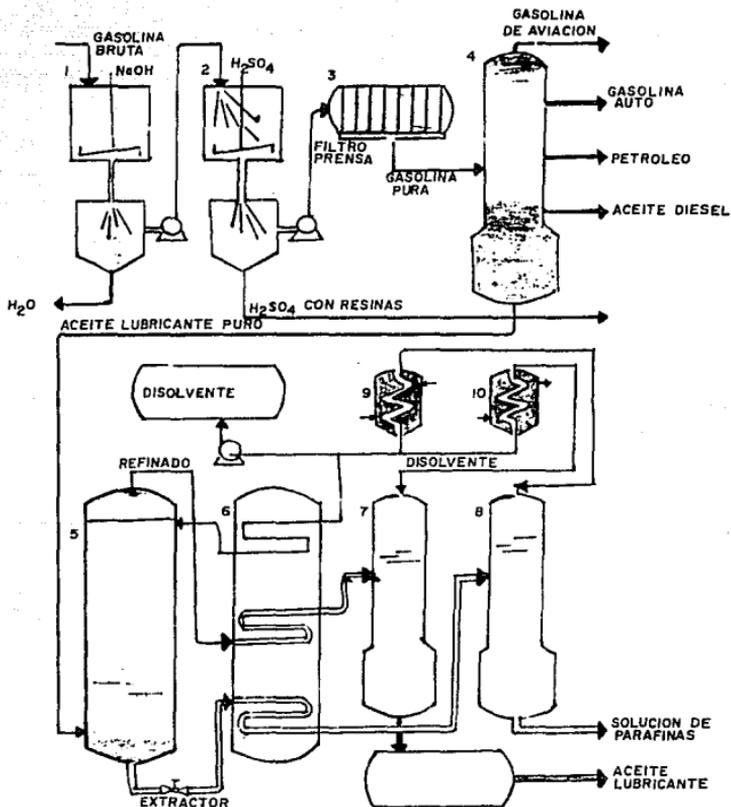
Dentro de los productos obtenidos en la Química del Petróleo es la gasolina y los aceites lubricados, siendo este proceso de obtención el ejemplo que se describe a continuación.

#### REFINACION DE LA GASOLINA Y DE LOS ACEITES LUBRICANTES.

EN UN RECIPIENTE CON AGITADOR, SE LIBERAN LAS GASOLINAS DE LAS IMPUREZAS ACIDAS, CON LEJIA DE SOSA, POSTERIORMENTE SE PASA LA GASOLINA A OTRO RECIPIENTE EL CUAL CONTIENE ACIDO SULFURICO (2) DONDE SE SEPARAN LAS RESINAS Y LAS SUBSTANCIAS RESINIFICABLES POR POLIMERIZACION, OXIDACION O DISOLUCION PASANDO POSTERIORMENTE POR NEUTRALIZACION, FILTRACION Y FINALMENTE POR UNA DESTILACION PARA PODER ELIMINAR EL ACIDO.

PARA LOS LUBRICANTES SU PROCESO ES UN POCO MAS COMPLICADO, SIENDO INTRODUCIDO EL ACEITE LUBRICANTE POR LA PARTE INFERIOR DE LA TORRE DE EXTRACCION, POR LA QUE SE HACE CIRCULAR EN SENTIDO CONTRARIO UN DISOLVENTE PRECALENTADO (5), MEDIANTE ESTE SE EXTRAE LAS IMPUREZAS Y LA PARAFINA, SIENDO ESTA MEZCLA DE IMPUREZAS ELIMINADAS POR LA PARTE INFERIOR DE LA TORRE. EL REFINADO Y LA SUBSTANCIA OBTENIDA POR LA PARTE INFERIOR DE LA TORRE SON PASADOS A UN PRECALENTAMIENTO (6) Y A UNOS EVAPORADORES (7) Y (8), EN LOS QUE SE SEPARA EL DISOLVENTE DEL ACEITE Y DE LAS SUBSTANCIAS EXTRACTIVAS. TODOS LOS PRODUCTOS OBTENIDOS EN ESTE PROCESO SON UTILIZADOS, LOS VAPORES DEL DISOLVENTE SON MANDADOS A LA TORRE DE EXTRACCION DESPUES DE HABER PASADO POR LOS CONDENSADORES (9) Y (10). DE LOS EVAPORADORES SE OBTIENEN ACEITES PARA DIFERENTES USOS. LOS EXTRACTOS QUE SE OBTIENEN EN EL EVAPORADOR (8) CONTIENEN PARAFINAS LAS CUALES SON SEPARADAS DE SUS IMPUREZAS POR DISOLUCION EN HIDROCARBUROS LIQUIDOS, SE PASA POR FILTROS Y SE CRISTALIZA A BAJAS TEMPERATURAS. LA PARAFINA CRISTALIZADA SE PASA A Prensas Y FINALMENTE SE REFINA MEDIANTE UN TRATAMIENTO CON TIERRAS DECOLORANTES.

# REFINACION DE LA GASOLINA Y DE LOS ACEITES LUBRICANTES



## CAPITULO IV

### CAMPOS DE ACCION ESPECIFICOS DEL INGENIERO INDUSTRIAL DENTRO DE LA INDUSTRIA CON PROCESOS QUIMICOS

El ingeniero industrial en nuestros dias, tiene un campo de accion muy amplio donde puede aplicar sus conocimientos. Con el principal objetivo de optimizar recursos, asi como tambien procesos y servicios teniendo siempre presente la calidad.

El ingeniero industrial efectua programas de productividad y debe de obtener la cooperacion de todos los que intervienen en dicho programa para ser productivos, con calidad, tiempos de entrega y precios. Además, no nada más puede llevar a cabo esta mision, sino que también puede realizar muchas más, pues tiene un amplio panorama que lo posibilita para intervenir dentro de la industria ocupando los puestos de:

- calidad
- produccion
- mantenimiento
- planeación
- investigación
- proyectos
- administración
- diseño
- docencia

Dado que durante su formación se le dan las herramientas necesarias para que al tener que salir al campo de acción pueda tener la capacidad para enfrentar los retos que se le presenten y poder ser productivos y competitivos dentro de cualquier aspecto antes mencionado.

El ingeniero industrial dentro de cada uno de estos campos de acción puede realizar el siguiente papel:

#### . Calidad:

Dentro de la calidad debe controlar, vigilar y ante todo debe buscar los medios necesarios para hacer calidad, tratando de realizar bien desde el principio el producto, para que en el mercado el producto pueda ser competitivo tanto con los productos nacionales como con los extranjeros; pues ahora con el Tratado del Libre Comercio, tenemos frente a nosotros un gran reto, no sólo en la industria manufacturera sino también en la de servicios, teniendo en cuenta las normas y estándares mundiales para podernos mantener dentro del mercado. Por lo que el ingeniero industrial puede controlar, asegurar y certificar la calidad de los productos.

#### . Producción:

El ingeniero debe verificar que cada una de las partes que intervienen en el proceso realice en forma correcta sus actividades tanto de maquinaria, mano de obra, etc., dentro de rangos y estándares dados por los diseñadores del proceso, tratando de maximizar la producción, ser productivos; es decir, producir más con menos insumos. Minimizando tiempos muertos para así ayudar a aumentar la producción.

#### . Mantenimiento:

Dentro del aspecto de mantenimiento, el ingeniero industrial debe conocer el equipo, herramientas e instructivos tanto de instalación como mantenimiento de los equipos que intervienen en el proceso para poder intervenir en las reparaciones tanto preventivas como correctivas y así minimizar los tiempos en los cuales la producción se encuentra parada, lo cual trae consigo pérdidas económicas.

#### . Planeación:

El ingeniero industrial realiza el estudio de mercado para tener un conocimiento de las perspectivas y de la aceptación del producto o servicio dentro de las diferentes zonas, a las cuales va a llegar; sabiendo y planeando tal distribución dentro del proceso y asignando las zonas de distribución, así como también

realizando la planeación de producción y de estrategias.

. **Proyectos:**

El ingeniero industrial puede intervenir en este aspecto tanto en mejoras de proyectos existentes como en proyectos que se encuentran en desarrollo, pues cuenta con los conocimientos necesarios para poder comprender correctamente el proyecto y entender que ocurre en él. Dentro de los proyectos existentes puede trabajar tomando en cuenta sus condiciones reales de operación, función, problemas, etc.

Dentro de la realización de proyectos en desarrollo puede intervenir en todas las etapas; a nivel laboratorio hasta la aplicación del proyecto en la industria en la que interviene o en el servicio que se va a aplicar teniendo la posibilidad de dar un seguimiento a éste, para hacer las mejoras pertinentes y necesarias para un buen funcionamiento.

. **Administración:**

Dentro de este campo, tiene la capacidad y perspectivas necesarias para establecer en forma particular, y dando al final un contorno global de las actividades que lleven a la obtención de metas y objetivos establecidos por la organización desde un punto de vista administrativo dentro de la producción.

. **Diseño:**

Este es uno de los campos en los cuales se debe de poner en práctica el ingenio para poder crear un bien o servicio, haciendo una combinación entre ingenio, creatividad, estética, aunado con los conocimientos que adquirió dentro de su preparación.

. **Docencia:**

El ingeniero industrial puede preparar y capacitar al personal que interviene dentro del proceso o servicio, pues cuenta con la capacidad para brindarles los conocimientos y métodos necesarios para realizar la tarea en forma adecuada y así ayudar a lograr una buena productividad, calidad y tiempos de

entrega.

Estos campos dentro de la industria química se encuentran ocupados en la actualidad por los Ingenieros Químicos y todas las carreras derivadas de las ciencias Químicas; por los cuales nos encontramos limitados, si recordamos que existen diversidad de productos que se obtienen por medio de procesos químicos, tal es el caso de los jabones, vinagre, alcohol, perfumes, etc.; en los cuales el ingeniero industrial no tiene las bases necesarias para poder intervenir correctamente. Tales conocimientos deben de ser sobre química general, orgánica e inorgánica, etc. Por lo que el ingeniero industrial se le encuentra en puestos referentes a la toma de tiempos y movimientos, control de calidad, distribución de plantas, planeación de la producción y en el de compras.

Dentro de la toma de tiempos y movimientos es capaz de realizar este estudio desde un punto de vista puramente realizador; esto quiere decir, que no cuenta con las suficientes herramientas para poderlos analizar debidamente ya que no sabe que es lo que esta sucediendo realmente dentro del proceso químico, teniendo que dejar este analisis a una persona que cuente con los conocimientos de química para que se puedan obtener mejores resultados del producto en analisis, pudiendo determinar si el tiempo es el correcto para la producción, tanto en materias primas como en mano de obra u otros elementos (insumos).

Dentro de la calidad el ingeniero industrial es capaz de intervenir en el producto terminado, controlando la envoltura, la presentación, etc. Podemos observar que esto, es un control muy superficial pues no cuenta con la información para determinar la calidad del producto desde su preparación. Esto quiere decir que no puede intervenir en el aseguramiento y en la certificación del producto en proceso, por no contar con los conocimientos básicos para verificar estos parámetros.

En lo referente a la distribución de planta, el ingeniero industrial, puede intervenir con un poco más de libertad dentro de la industria química, ayudando a facilitar el proceso de manufactura al reducir las distancias de recorrido de los materiales y manteniendo una flexibilidad adecuada, minimizando la inversión de equipos, utilizando más eficientemente la mano de obra y equipos. Además, de asegurar la comodidad en el ambiente de trabajo y la eficiencia. Pero siempre con el asesoramiento de alguien conocedor de lo que esta pasando dentro del proceso y del material empleado.

En cuanto a la planeación de la producción, el ingeniero industrial se encuentra limitado a realizar cuando mucho, la planeación cronológica de la producción, en cuanto al abastecimiento de insumos (sistema justo a tiempo) y de entrega de producto terminado.

Para que un ingeniero industrial llegue a colocarse con estas limitantes a cuestas, en alguno de estos puestos o realmente poder aplicar sus conocimientos sobre su profesión dentro de la industria química necesita ir adquiriendo los conocimientos de química que le ayuden a comprender el proceso químico que se lleva a cabo, para elaborar el o los productos que se fabrican en la industria en que este trabajando; lo que a veces suele tardar hasta algunos años.

Por lo tanto, hoy en día es más costoso para las industrias contratar ingenieros químicos industriales. Porque ellos además de poseer los conocimientos sobre química, poseen los conocimientos básicos de las actividades principales de un ingeniero industrial; como para poder arreglar cualquier problema que se les presente en la línea de producción, como por ejemplo: eliminar tiempos muertos, rediseñar el proceso, optimizar los recursos y demás actividades con las que el ingeniero industrial podría cooperar dentro de esta industria. Tener un ingeniero industrial que no tiene mucho que hacer dentro de la industria es muy costoso, porque tan sólo sus actividades se ven limitadas, como ya se mencionó en los párrafos anteriores a toma de tiempos

y movimientos, checar la calidad del producto terminado: sólo en cuanto a la envoltura, realizar un lay-out o a planear la producción, pero siempre con la limitante de que alguien le diga que es lo que esta manejando.

Por tanto, de acuerdo con lo antes mencionado podemos concluir: que los campos específicos de acción del ingeniero industrial dentro de la industria química se limita tan sólo en realizar:

- + toma de tiempos y movimientos,
- + control estadístico de calidad,
- + una distribución de planta y
- + planeación de la producción.

Es por eso necesario, que el ingeniero industrial reciba una preparación desde el punto de vista químico para adquirir el lenguaje de un proceso químico, no para ir a substituir al profesionista sino para poder trabajar en conjunto.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES

Retomando lo expuesto en los cuatro capitulos anteriores podemos decir lo siguiente:

Para que un ingeniero industrial logre desempeñar las actividades propias de su profesión o cuando menos intervenir en algunas de ellas dentro de la industria química, necesita saber algo más. Algo que hasta hace poco dentro de la formación del ingeniero industrial de la UNAM se había dejado a un lado, y que por falta de conocimientos sobre el tema, tarda mucho para lograr colocarse en algún puesto dentro de esta industria. Tal información, es la que precisamente lo esta dejando a un lado para poder desarrollarse plenamente como profesionista. Como ya se mencionó en el capítulo anterior, ese algo es una formación sobre los conocimientos básicos en química. Información elemental, general, sobre el mundo fabuloso de la química.

Si observamos los datos estadísticos que se presentan en el capítulo I sobre la industria en México, podemos darnos cuenta que la Industria Química ocupa el primer lugar dentro de la grande industria, el segundo lugar en la mediana y el cuarto dentro de la micro y pequeña industria, del país. Y el cuarto lugar en crecimiento dentro del contexto general de la economía del país. Además, cabe señalar que a nivel mundial a partir de la segunda mitad de la década de los setentas se dió un gran crecimiento en este sector, debido principalmente a la gran demanda de productos químicos para poder substituir artículos naturales.

Pues casi en la mayoría de las industrias se lleva acabo cuando menos un proceso químico o alguna reacción química en la elaboración de sus productos, ya sea al principio de su fabricación, a la mitad o al final y, en ocasiones antes de empezarlo a elaborar; pues a la materia prima antes de ocuparla hay que checar que cuente con las características específicas

solicitadas y necesarias para la elaboración de tal producto. Lo cual, a veces necesita someterse a alguna reacción química para determinarlo.

Por lo que es necesario que dentro de su formación del ingeniero industrial se incluyan materias sobre química. La pregunta ahora a cuestionar es ¿qué tipo de química y que tan profundo debe de ser su estudio?. El tipo de química debe ser:

- química general,
- química inorgánica,
- química orgánica,
- un breve panorama sobre química cuántica, y
- procesos químicos.

En cuanto a la profundidad de su estudio, no debe de ir más allá de los conocimientos básicos para poder comprender de que están hablando y no quedarse fuera de una simple conversación.

Que cuando menos sepa que dentro de la elaboración de un producto se lleva a cabo un proceso químico y poder identificar que tipo de proceso o reacción se esta dando, donde empieza, donde termina y el tiempo que requiere.

Identificar con que elementos químicos se esta trabajando y sus principales características, como su símbolo, si es un gas, un metal, un no metal, una sustancia orgánica, inorgánica, las precauciones que se deben de tener para evitar intoxicaciones, explosiones, o cualquier otro riesgo.

Hay que aclarar que esto no quiere decir, que el ingeniero industrial va a ocupar el lugar del ingeniero químico, químico laboratorista o cualquier otro relacionado con este campo, pues esta no es su finalidad. Su finalidad es tan sólo de poder realizar sus funciones dentro de la industria, que como ya se indicó, es la de optimizar recursos, procesos y servicios, así como participar en las actividades de producción, diseño, etc., también ya antes mencionadas, pero principalmente de optimizar.

Esto es, contar con las herramientas indispensables sobre química para poder participar dentro de la industria química, en

la planeación de alguna mejora al proceso de elaboración de algún producto: sin alterar el proceso o la reacción química. Saber con que tipo de materia prima se va a trabajar, que características posee y cuales son las que se requieren: para que así, el pueda en determinado momento consultar con el ingeniero químico encargado, si es posible sustituirla por otra substancia o materia prima que posea características semejantes a la empleada, que sea de menor costo, más accesible de conseguir y de fácil manejo.

Saber que proceso se lleva a cabo y en que parte del proceso de elaboración del producto el si puede intervenir; para rediseñar si es necesario éste, y ahorrar tiempos muertos, si es que existen. También así podrá intervenir dentro de la planeación, investigación, en los proyectos y en la docencia. Claro siempre asesorado o colaborando con los ingenieros químicos o laboratoristas encargados.

En resumen, contar con la información química que les permita ser competitivos profesionalmente, para no quedarse relegados a realizar unas cuantas tareas que sin haber estudiado una carrera profesional, las podrá desarrollar sin ningún problema. Conocimientos que no van más allá de tener las herramientas elementales para realizar y cumplir los objetivos del ingeniero industrial. Sin meterse en cualquier otra área que no sea la suya. Esto es, no se busca realizar la tarea dentro de la industria de los ingenieros químicos, sino tan sólo de tener un lenguaje común con ellos para poder realizar su trabajo en conjunto.

## GLOSARIO

**Acidos.-** Se denominan con este nombre a los cuerpos de sabor agrio que enrojecen la tinura azul de tornasol.

**Albuminoides.-** Se llaman así, ciertos productos que forman la parte fundamental del tejido cartilaginoso y de la epidermis de los organismos animales.

**Amidas.-** Se llaman así, a los cuerpos resultantes de substituir algunos de los hidrogenos del amoniaco por radicales ácidos (negativos).

**Aminas.-** Se les llama así, a los cuerpos resultantes de substituir algunos de los hidrogenos del amoniaco por radicales alcohólicos que son positivos.

**Anhídridos.-** Son las combinaciones binarias de los elementos electronegativos metaloides con el oxigeno, capaces de unirse con el agua para dar origen a ácidos.

**Aniones.-** Se llaman así, a los iones que, por ser de caracter negativo, se dirigen al polo positivo o ánodo.

**Bases.-** Se llaman así, a las substancias de sabor a lejía, que devuelven su color azul a la tintura de tornasol enrojecida previamente por los ácidos, coloran de pardo a la tintura amarilla de curcuma y de rojo a la fenolftaleina, que en solución alcohólica es incolora.

**Basicidad de los ácidos.-** Es el numero de hidrogenos basicos o metálicos, esto es, substituibles por metales, que se encuentran en la molécula unidos al oxigeno formando oxhidrilos.

**Catálisis.-** Es el fenómeno que tiene lugar por la acción de los catalizadores.

**Catalizador.-** Se llaman así, a los cuerpos que alteran la velocidad de una reaccion, sin que adquieran una modificación permanente.

**Cationes.-** Se llaman así a los iones que, por ser de caracter positivo, se dirigen al polo negativo, cátodo.

**Cerinas.-** Especie de cera de alcornoque; substancia de la cera blanca.

**Coadyuvantes.**- Que contribuye, asiste o ayuda a realizar o conseguir alguna cosa.

**Compuestos no saturados.**- Son aquellos cuyos carbonos todos se hallan unidos entre si por enlaces dobles o triples.

**Compuestos saturados.**- Son aquellos cuyos carbonos todos se hallan unidos entre si por enlaces sencillos.

**Electrólisis.**- Se llama así, al fenómeno de la descomposición química producida por el paso de corriente eléctrica a través de las soluciones o de cuerpos fundidos. Este fenómeno además, de la transformación química va acompañado de calor. La corriente eléctrica se hace circular en el seno de la solución o substancias en fusión por medio de unas láminas o varillas (en comunicación con un generador de corriente continua) llamadas electrodos; el potencial más elevado recibe el nombre de positivo o ánodo y el de menos potencial, el de negativo o cátodo.

**Electrólitos.**- Son los cuerpos conductores de "segunda clase", o sea, aquellos que se descomponen al paso de la corriente eléctrica.

**Empireneumático.**- Olor y sabor acre nauseabundo que toman las substancias orgánicas sometidas al fuego.

**Escrófula.**- Tumor frío causado por la hinchazón y supuración de los ganglios linfáticos del cuello.

**Esteres.**- Se llaman así, a los cuerpos resultantes de substituir el hidrógeno oxhidrílico de los ácidos, tanto minerales como orgánicos, por radicales alcohólicos.

**Eteres.**- Se llaman así a los cuerpos resultantes de eliminar una molécula de agua o dos de alcohol.

**Fenoles.**- Se llaman así, a los cuerpos resultantes de la substitución de algunos de los hidrógenos del grupo bencénico de los hidrocarburos aromáticos por OH. Así por ejemplo: del benceno resulta el fenol, del nafteno el naftol.

**Halógenos.**- Son los elementos que constituyen el subgrupo A del grupo VII de la tabla periódica, y son: fluor, cloro, bromo y yodo, y en mucho menor importancia el astato. Que por ser de carácter electronegativo no metálico, tiene una estructura electrónica con un electrón mucho menos que el gas que le sigue

en la tabla periódica, por lo que tienen una gran tendencia a disminuir con el número atómico para formar aniones monovalentes. Los compuestos iónicos que contienen aniones son sales, de lo cual se deriva el nombre de halógenos para estos elementos, que significa generador de sales. Las sales binarias de los halógenos se denominan haluros.

**Ión.**- Se llaman iones químicos a los grupos o radicales que transportan corriente eléctrica al atravesar los líquidos con electrólitos en solución.

**Necrosis.**- En medicina, mortificación, gangrena de un tejido.

**Nitroderivados.**- Compuestos orgánicos con uno o varios grupos  $\text{NO}_2$ , ácido nitroso.

**Olefinas.**- Hidrocarburos etilénicos.

**Oxidos.**- Son las combinaciones del oxígeno con los elementos electropositivos. También reciben este nombre los compuestos de metales y oxígeno que no son capaces de unirse con el agua para dar origen a ácidos.

**Polímeros.**- Son macromoléculas constituidas por la repetición de pequeñas unidades llamadas monómeros.

**Sales.**- Son los cuerpos resultantes de la acción de los ácidos sobre las bases.

## BIBLIOGRAFIA

QUIMICA BASICA, PRINCIPIOS Y ESTRUCTURA  
BRADY JAMES E.  
ED. LIMUSA 1980

QUIMICA GENERAL  
PETRUCCI RALPF H.  
ED. FONDO EDUCATIVO INTERAMERICANO 1977

QUIMICA GENERAL  
PAULING, LINUS CARL  
ED. MADRID: AGUILAR 1977

FUNDAMENTOS DE QUIMICA  
BRESCIA FRANK  
ED. CECSA 1979

QUIMICA  
BROWN THEODORE L.  
ED. PRENTICE-HALL 1988

QUIMICA ORGANICA  
BONNER, WILLIAM A.  
ED. MADRID: ALHAMBRA 1974

QUIMICA ORGANICA  
BREWSTER, RAY QUINCY  
ED. CONTINENTAL 1968

QUIMICA ORGANICA  
CRAM DONALD J.  
ED. MCGRAW-HILL 1963

QUIMICA ORGANICA  
DEVORE GEORGES  
ED. MEXICO: CULTURAL 1969

QUIMICA ORGANICA  
ELLIS GWYNN PENNAT  
ED. LIMUSA-WILEY 1969

QUIMICA ORGANICA  
FESSENDEN, RALPH J.  
ED. WADSWORTH INTERNATIONAL IBEROAMERICANA 1983

QUIMICA ORGANICA  
FIESER LOUIS FREDERICK  
ED. GRIJALBO 1966

CURSO GENERAL DE QUIMICA  
IGNACIO PUIG, S. J.  
ED. ESPAÑA: MANUEL MARIN Y CIA. 1955

QUIMICA 9  
APLICACIONES INDUSTRIALES DE LOS COMPUESTOS DEL CARBONO  
COLEGIO DE BACHILLERES (SISTEMA DE ENSEÑANZA ABIERTA)  
JULIO FLORES RODRIGUEZ  
ED. TRILLAS 1980

PROCESOS INDUSTRIALES DE SINTESIS ORGANICA  
P. H. GROGGINS  
ED. GUSTAVO GILI S.A.

FUNDAMENTOS DE QUIMICA ORGANICA  
CHRISTEN

QUIMICA ORGANICA  
MENGER

DICCIONARIO DE QUIMICA Y PRODUCTOS QUIMICOS  
GESSNER G. HAWLEY  
ED. OMEGA S. A.

METODOS DE LA INDUSTRIA QUIMICA-ORGANICA, PARTE 1 Y 2  
MAYER  
ED, REVERTE S. A.

BIOQUIMICA  
EDWIN T. MERTZ  
ED. PUBLICACIONES CULTURAL, S. A.  
MEXICO, D. F. 1983

BIOQUIMICA GENERAL  
JOSEPH S. FRUTON, SOFIA SIMMONDS  
ED. OMEGA, S. A. BARCELONA

CONCEPTOS BIOQUIMICOS  
ROBERT W. MCGILVERY, Ph. D.  
ED. REVERTE, S. A. BARCELONA

REVISTA DEL INSTITUTO MEXICANO DE INGENIEROS QUIMICOS  
TRANSFORMACION DEL PETROLEO  
MAYO-JUNIO AÑO XXXII, VOL 15.

INFORMACION ESTADISTICA PROPORCIONADA POR:  
- ANIQ  
- CANACINTRA  
- INEGI