

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería de las Tecnologías Industriales

Análisis técnico-económico para la
producción de alquilbenceno lineal

Autor: Elena León Venegas

Tutor: Manuel Campoy Naranjo

Dep. de Ingeniería Química y Ambiental

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2017



Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería de las Tecnologías Industriales

Estudio técnico-económico para la producción de alquilbenceno lineal

Autor:

Elena León Venegas

Tutor:

Manuel Campoy Naranjo

Dep. Ingeniería Química y Ambiental
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla
Sevilla, 2017

Resumen

El presente trabajo muestra un análisis técnico-económico de una planta de producción de alquilbenceno lineal, basándose en la alquilación del queroseno con benceno y ácido fluorhídrico, método más usado comercialmente. El objetivo del proyecto es exponer los diferentes equipos que componen una unidad de alquilación para la producción de 260.000 t/año de alquilbenceno lineal, LAB, y hacer una estimación de los costes de inversión.

La Unidad de Alquilación está formada por la unidad Unifining, encargada de eliminar los compuestos nocivos del queroseno; la unidad Molex, encargada de separar las parafinas lineales de las ramificadas mediante un tamiz de zeolita 5A; la unidad Pacol, con el objetivo de convertir las parafinas lineales en olefinas lineales; la unidad Define, que consiste en la transformación de las diolefinas formadas en la unidad Pacol en olefinas lineales y por último, la etapa de alquilación donde las olefinas lineales se transforman en LAB con benceno usando como catalizador ácido fluorhídrico.

Abstract

The present study shows a technical-economical analysis of a lineal alkylbenzene production plant, basing it on alkylation of kerosene with benzene and hydrofluoric acid, being the most commercially used method. The purpose of this project is to expose the different equipment used in the composition of a 260.000 t/year production of lineal alkylbenzene in an alkylation unit and to do an estimation of inversion costs.

The alkylation Unit is formed by the Unifining unit, in charge to eliminate the harmful compounds of the kerosene; the Molex unit, responsible of separating linear paraffins from the branched ones using a zeolite 5A sieve; the Pacol unit, with the aim of converting linear paraffins into linear olefins; the Define unit, which consists on the transformation of the diolefins formed in the Pacol unit into linear olefins and, finally, the alkylation stage where the linear olefins are transformed into LAB with benzene using hydrofluoric acid as a catalyst.

ÍNDICE

Resumen.....	5
Abstract	5
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE TABLAS	10
1. OBJETIVO.....	11
2. INTRODUCCIÓN.....	12
2.1. Evolución del detergente en la historia	12
2.2. Actualidad.....	12
2.3. Tipo de molécula y características	15
3. ETAPAS DEL PROCESO DE ALQUILACIÓN	16
3.1. OBTENCIÓN DE QUEROSENO A PARTIR DE PETRÓLEO	17
3.1.1. El petróleo y sus características	17
3.1.2. Productos de la destilación del petróleo.....	17
3.1.3. El queroseno y sus propiedades.....	20
3.2. PROCESOS DE DESMERCAPTANIZACIÓN Y TRATAMIENTO DE HIDROCARBUROS. UNIDAD UNIFINING.....	22
3.2.1. Descripción.....	22
3.2.2. Procesos de tratamiento con disolventes.....	23
3.2.3. Proceso de hidrotratamiento. Unifining	24
3.3. PROCESO MOLEX.....	26
3.3.1. Proceso industrial de adsorción	26
3.3.2. Proceso Molex.....	29
3.3.3. Desorción del tamiz.....	31
3.3.4. Desactivación del tamiz.....	31
3.4. PROCESO PACOL.....	34
3.4.1. Introducción	34
3.4.2. Descripción del proceso PACOL	34
3.4.3. Reacciones del Proceso PACOL	35
3.5. UNIDAD DEFINE.....	36
3.6. PROCESO DE ALQUILACIÓN.....	37
3.6.1. Alternativas para la producción de LAB	37
3.6.2. Reacciones de la alquilación.....	38
3.6.3. Equipos del proceso de alquilación	40

3.6.4.	Variables de diseño y proceso.....	43
3.6.5.	Descripción del proceso	46
3.6.6.	Ventajas del uso de HF como catalizador	49
3.6.7.	Tratamiento y control de efluentes	50
4.	ANÁLISIS ECONÓMICO	51
4.1.	Costes de equipos	51
4.2.	Costes de inversión	52
4.3.	Costes de producción	53
4.4.	Ventas.....	54
4.5.	Cálculo de los índices de rentabilidad	55
4.5.1.	Cálculo del Flujo Neto de Caja.....	55
4.5.2.	Cálculo del VAN	56
4.5.3.	Cálculo del TIR	57
4.5.4.	Cálculo del Payback.....	57
4.6.	Estudio de la variación del VAN y TIR respecto al precio de materias primas y producto 57	
4.6.1.	Variación del VAN y TIR respecto al precio del LAB	57
4.6.2.	Variación del VAN y TIR respecto al precio del Queroseno	58
5.	CONCLUSIONES	60
	ANEXO 1. BALANCE DE MATERIA	61
	ANEXO 2. FICHA TÉCNICA LAB.....	68
	ANEXO 3. FICHA TÉCNICA LAS.....	78
	ANEXO 4. FICHA TÉCNICA H ₂	80
	ANEXO 5. FICHA TÉCNICA BENCENO	86
	ANEXO 6. FICHA TÉCNICA HF	88
	BIBLIOGRAFÍA.....	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evolución del consumo de alcoholes detergentes y surfactantes mundialmente.....	13
Figura 2. Esquema del proceso de producción de LAB	14
Figura 3. Estructura de las moléculas de LAB.....	15
Figura 4. Etapas del proceso de alquilación	16
Figura 5. Proceso de destilación del petróleo	18
Figura 6. Proceso de tratamiento con disolventes.....	23
Figura 7. Esquema del proceso de Unifining.....	25
Figura 8. Proceso Unifining	25
Figura 9. Lecho móvil de adsorción.....	27
Figura 10. Evolución de una columna de adsorción de lecho fijo respecto al tiempo.....	29
Figura 11. Estructuras de las zeolitas 4A y 5A.....	30
Figura 12. Etapas de destilación, hidrogenación y Proceso Molex.....	33
Figura 13. Unidad Pacol.....	34
Figura 14. Reacciones del proceso Pacol	35
Figura 15. Proceso Define	36
Figura 16. Reacción principal de alquilación	38
Figura 17. Reacción secundaria de alquilación	38
Figura 18. Esquema del proceso de alquilación	39
Figura 19. Disposición de equipos de la etapa de alquilación	42
Figura 20. Evolución del índice de bromuro con la temperatura de alquilación	45
Figura 21. Evolución del índice de bromuro con la relación HF enviado a regeneración/LAB producido	45
Figura 22. Evolución del flujo de caja con el tiempo.....	56
Figura 23. Variación VAN y TIR respecto precio del LAB.....	58
Figura 24. Variación VAN y TIR respecto precio del queroseno.....	59
Figura 25. Esquema del proceso de alquilación.....	62
Figura 26. Destilación LAB.....	63
Figura 27. Columna de parafina	63
Figura 28. Destilación de benceno	63
Figura 29. Stripper de HF.....	63
Figura 30. 2ª Etapa de alquilación.....	64
Figura 31. 1ª Etapa de alquilación.....	64
Figura 32. Regenerador y neutralizador de HF	64

Figura 33. Unidad Define.....	65
Figura 34. Unidad Pacol.....	65
Figura 35. Unidad Molex	65
Figura 36. Unidad Unifining.....	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Evolución en el mercado de diferentes surfactantes	13
Tabla 2. Características del queroseno	20
Tabla 3. Riesgos y medidas de protección del queroseno	22
Tabla 4. Coste equipos	51
Tabla 5. Porcentaje de módulo desnudo para cada coste	52
Tabla 6. Factor de Lang para cada equipo.....	53
Tabla 7. Coste materias primas	54
Tabla 8. Flujo Neto de Caja.....	55
Tabla 9. Variación VAN y TIR en función del precio del LAB	57
Tabla 10. Variación VAN y TIR en función del precio del queroseno	58
Tabla 11. Composición del queroseno de alimentación	66
Tabla 12. Resumen balance de materia	67

1. OBJETIVO

El objetivo general del presente proyecto es la realización de un análisis técnico-económico de una planta de producción de alquilbenceno lineal (LAB), compuesto que una vez sulfonatado sirve como base para los detergentes.

El alquilbenceno lineal es uno de los productos químicos más utilizados mundialmente, evolucionando por ello su calidad y beneficios medioambientales con el paso del tiempo. En un principio se desarrollaron diferentes productos sintéticos, alquilbencenos ramificados, frente a jabones naturales, pero debido a la falta de biodegradación de estos compuestos se evolucionó a la producción de alquilbenceno lineal, que presenta buenas características detergentes, es biodegradable y cuida el medioambiente. En el proyecto se analiza la situación del LAB en el mercado mundial y cómo ha evolucionado su producción con el tiempo

Previa descripción del proceso general de producción y su influencia actual, los objetivos específicos son:

- Descripción de cada una de las etapas del proceso de producción.
- Descripción de equipos.
- Descripción de condiciones de operación.
- Composición de los caudales.
- Cálculo de costes.
- Realización del balance de materia por equipos.

Posteriormente para poder llevar a cabo un análisis económico y estimar el costo de cada equipo se realiza un balance de materia, que también sería de utilidad en el caso de querer realizar el diseño de cada uno de los equipos con el fin de obtener la Ingeniería básica de una planta de producción de alquilbenceno lineal. Con el balance de materia por equipos y haciendo una estimación de costes totales se llega al análisis económico y viabilidad económica del proceso.

El objetivo de producción de la planta se basa en 260.000 t/año.

2. INTRODUCCIÓN

2.1. Evolución del detergente en la historia

La producción de jabón es una de las síntesis químicas más antiguas que existen. Es el agente cosmético y de lavado más utilizado por la humanidad.

No existió hasta la 1ª Guerra Mundial la primera síntesis de jabón artificial en el año 1916. A partir de entonces se dieron muchos cambios tanto en los productos de lavado como en las costumbres domésticas, produciendo un aumento gradual en la fabricación de tensoactivos sintéticos frente a jabones naturales, presentando tras la 2ª Guerra Mundial una disminución del uso de los últimos.

En los años 50 se desarrollaron nuevos productos de origen sintético basados en alquilbenceno ramificado (BAB). Este producto se sulfonaba produciendo alquilbenceno ramificado sulfonado (BABs), que se obtenía mediante la alquilación de propileno tetrámero con benceno, y satisfacía la demanda del 60% del mercado mundial. Sus propiedades detergentes eran muy buenas pero, a la vez, muy perjudiciales para el medioambiente debido a su falta de biodegradación, por lo que permanecían de forma activa en los medios acuáticos.

Para solucionar este problema a principio de los años 60 se llegó a la solución con el sulfonato de alquilbenceno lineal (LAS), compuesto proveniente del petróleo. Posee excelentes características detergentes, es biodegradable y respeta el medio ambiente.

El LAS se obtiene como producto de la sulfonación del alquilbenceno lineal (LAB) usado como materia prima, centro del estudio realizado.

2.2. Actualidad

Hoy día, es el agente tensoactivo más utilizado en el mundo habiendo sustituido casi totalmente el uso de jabones. Son ampliamente usados en diversos sectores industriales como por ejemplo: la industria de jabones, detergentes, limpieza industrial e institucional, cuidado personas, farmacéuticos, agricultura, plásticos, minería, explotación petrolera y pinturas, entre otros [1].

El sulfonato de alquilbenceno lineal (LAS) es el surfactante de mayor importancia en el mercado. Como se puede observar en la Tabla 1, el LAS ha dominado durante mucho tiempo el mercado de surfactantes. Debido al desplazamiento del BABs por LAS su consumo disminuyó un 66,6% entre 1988 y 2000, de forma que el LAS ha aumentado en un 56%.

El crecimiento del consumo de los AE, AES y PAS, compuestos derivados de los alcoholes detergentes, fue muy fuerte entre 1988-2000 lo que representaba el 23% del consumo mundial, y su uso se ha incrementado en el sector de la elaboración de productos de cuidado del hogar y del cuidado personal. Estos compuestos han empezado a cobrar gran importancia

debido a que, dependiendo de su composición pueden presentar todas las características deseadas en diferentes sectores de uso final. Los tres compuestos nombrados presentan una alta biodegradabilidad y compatibilidad enzimática. Los AE y AES son resistentes a la dureza del agua, suaves con la piel, buenos controladores de la formación de espuma y presentan buenas características a bajas temperaturas.

Tabla 1. Evolución en el mercado de diferentes surfactantes

Surfactante	1988	1992	1995	2000	2005
Sulfonato de alquilbenceno lineal - LAS	2.113	2.468	2.791	3.304	3.883
Sulfonato de alquilbenceno ramificado	524	430	261	175	142
Derivados de alcoholes	1.448	1.764	2.092	2.580	3.100
Alcoholes Etoxilados AE	692	746	836	1.029	1.256
Sulfatos de alcoholes etoxilados – AES	485	542	666	794	952
Sulfatos de alcoholes Grasos PAS	271	475	589	756	891
Alquilfenol etoxilados APE	590	642	660	714	773
Sulfonatos de Alfa olefinas y parafinas – AOS	140	140	130	150	160

A pesar de las buenas características de los compuestos descritos anteriormente y la espera del aumento del consumo de los derivados de alcoholes el LAS sigue teniendo el primer lugar en el mercado de surfactantes debido a su buenas características, fácil procesamiento y sobre todo por su precio debido ya que es el surfactante más económico del mercado.

Un estudio desarrollado por Worldwide Trends and Prospects in Colombia muestra que la evolución del consumo de surfactantes y alcoholes detergentes en el mundo ha evolucionado y está repartido de la forma que muestra la Figura 1.

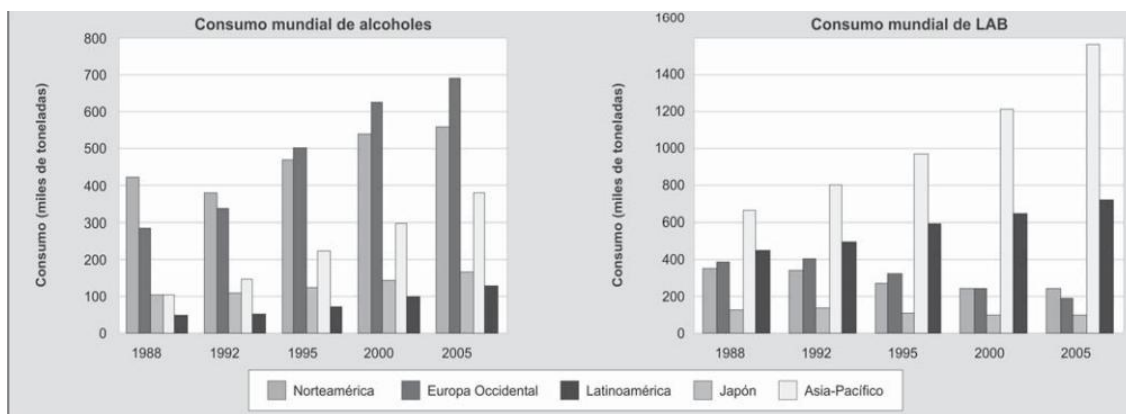


Figura 1. Evolución del consumo de alcoholes detergentes y surfactantes mundialmente

CEPSA Química es la mayor productora mundial de alquilbenceno lineal así como de sulfonato de alquilbenceno lineal. Presenta tres centrales en el mundo para la producción de LAB y LAS. También existen distintas empresas por todo el mundo productoras de alquilbenceno lineal, principalmente en Sudamérica y China, aunque a menor escala.

La mayor planta del mundo de producción de LAS es la Planta de Puente Mayorga situada en San Roque (Cádiz), con una capacidad de producción de 80.000 tm/año. Además produce alquilbenceno lineal (220.000 Tm/a) y normalparafinas [2].

Para aumentar la producción de este detergente en el continente americano, CEPSA provee a sus sucursales de Canadá y Brasil con materias primas como n-parafinas y alquilbenceno lineal respectivamente. La planta en Canadá incorporó una nueva tecnología a nivel mundial desarrollada entre CEPSA y UOP (Universal Oil Products), denominado proceso DETAL.

La Figura 2 muestra las unidades de proceso para la producción de LAB.

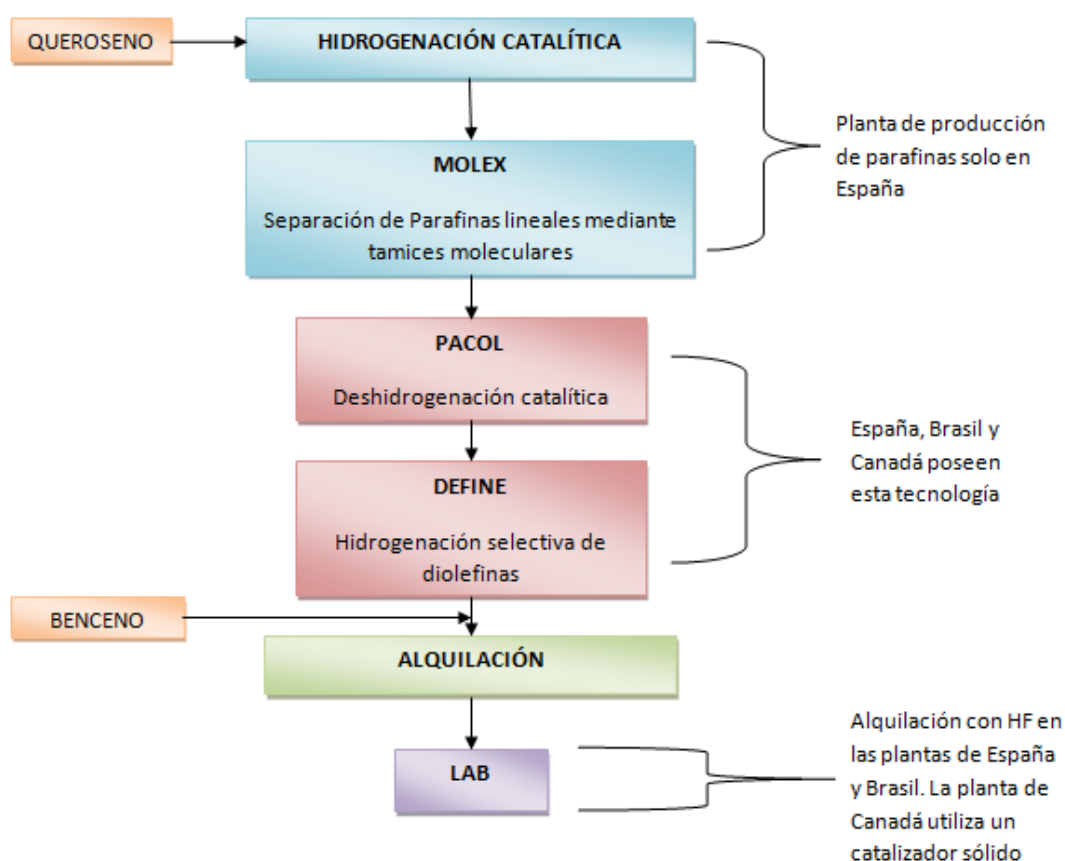


Figura 2. Esquema del proceso de producción de LAB

Las principales Petroquímicas de LAB/LABSA del mundo irán implementando este hito tecnológico de CEPSA en sus plantas, debido al menor riesgo en seguridad que supone el empleo de DETAL –biodegradable- en lugar de la fórmula tradicional compuesta por ácido fluorhídrico, sustancia irritante, corrosiva y tóxica.

Hoy en día, el Centro de Investigación CEPSA continúa buscando nuevas fórmulas de mejora de la tecnología DETAL, siendo actualizada por última vez en 2010.

A principios de 2013, el Centro de Investigación terminó de construir una Planta Piloto para la aplicación de DETAL en la técnica de extracción mejorada EOR (Enhanced Oil Recovery), un nuevo proyecto que se encuentra en fase de desarrollo.

Este proyecto trata de conseguir una recuperación mejorada del petróleo a través del “lavado” de la roca. Para ello se emplea DETAL, generando un tensoactivo (producto que reduce la tensión superficial del crudo en los yacimientos) en el detergente para hacer que el petróleo fluya con mayor facilidad y se consiga una máxima extracción del mismo. El tensoactivo del detergente debe cumplir y adecuarse a las condiciones y propiedades de cada yacimiento en los que opera CEPSA. Con este proyecto, CEPSA pretende profundizar en el conocimiento de aplicación de esta técnica que puede mejorar considerablemente la explotación de sus yacimientos petrolíferos, en un momento en el que la escalada de precios del petróleo no permite que se abandonen éstos sin haber llevado la extracción de crudo al máximo de sus posibilidades.

2.3. Tipo de molécula y características

El alquilbenceno lineal es un producto biodegradable obtenido por la alquilación de las olefinas lineales de entre 10 y 14 átomos de carbono con benceno en presencia de un catalizador. En un proceso posterior se sulfona produciendo sulfonato de alquilbenceno lineal (LAS).

Este tipo de molécula presenta un comportamiento tensoactivo y puede ser completamente biodegradable tanto de forma aerobia como anaerobia.

Son tensoactivos potentes por el carácter anfipático de sus moléculas. Están formadas por dos partes:

- Parte polar o hidrófila. La presencia de los grupos sulfonato, SO_3^- , ionizados y con carga negativa, hace que esta parte de la molécula sea soluble en agua.
- Parte apolar o hidrófoba. La cadena hidrocarbonada (alquílica) no es soluble en agua. Cuanto más larga sea la cadena, menos soluble es el compuesto.

Cuando se disuelven estos compuestos, se concentran en la superficie del agua, con sus colas hidrófobas hacia fuera y las cabezas hidrófilas disueltas en el agua, disminuyendo de esta forma la tensión superficial y favoreciendo la limpieza mediante el mecanismo de formación de micelas [3].

La estructura de las moléculas de LAB se observan en la Figura 3.

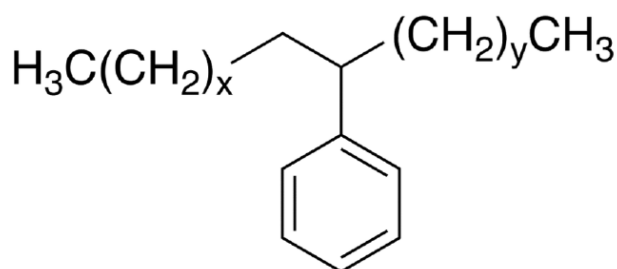


Figura 3. Estructura de las moléculas de LAB

3. ETAPAS DEL PROCESO DE ALQUILACIÓN

El proceso de alquilación cuenta con 6 etapas las cuales son:

1. Obtención del queroseno a partir del petróleo y propiedades
2. Procesos de desmercaptanización y tratamiento de hidrocarburos
3. Proceso MOLEX (separación de las n-parafinas de las isoparafinas)
4. Proceso Pacol (Deshidrogenación) (monolefinas+nparafinas)
5. Proceso Define
6. Alquilación

La Figura 4 muestra las diferentes etapas del proceso.

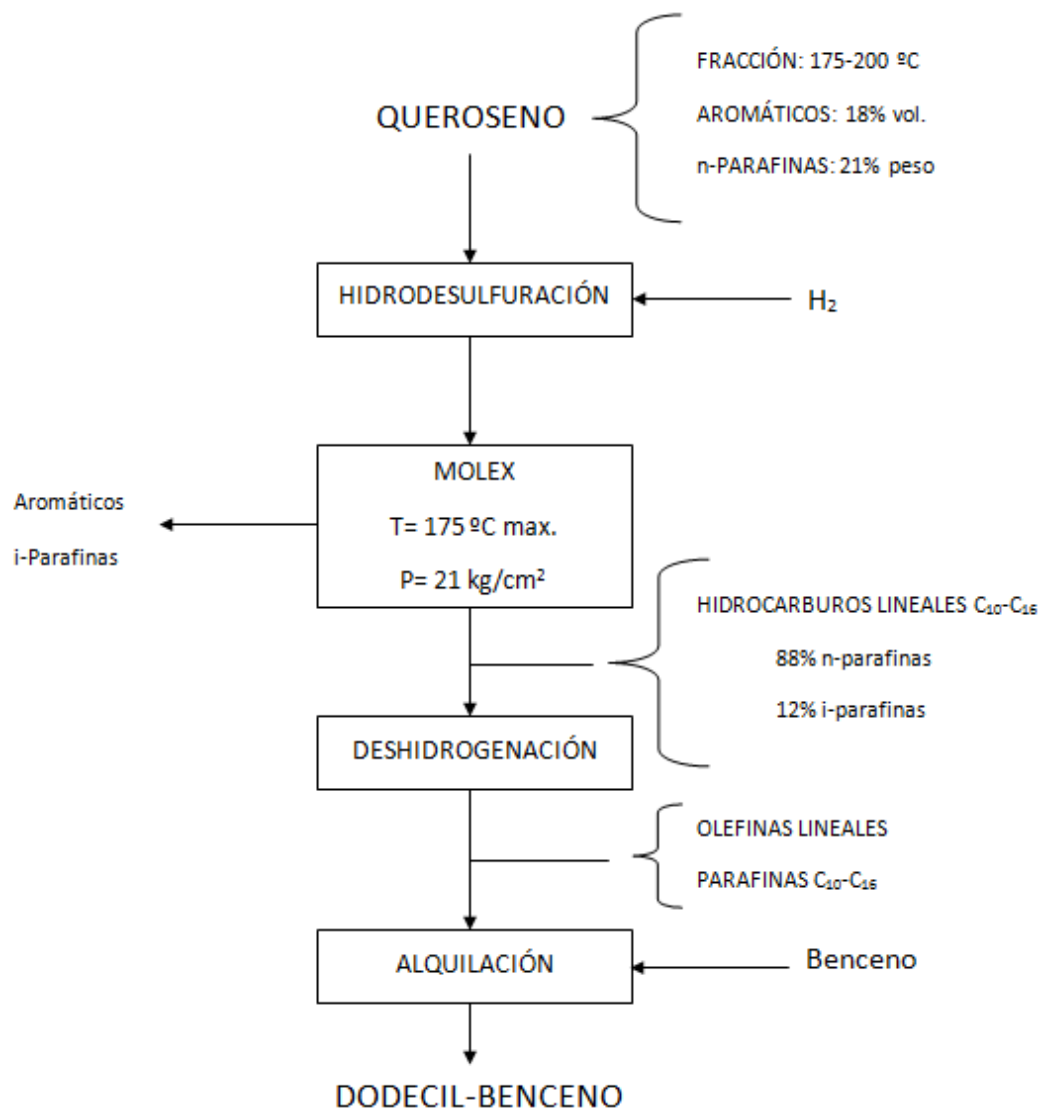


Figura 4. Etapas del proceso de alquilación

3.1. OBTENCIÓN DE QUEROSENO A PARTIR DE PETRÓLEO

3.1.1. El petróleo y sus características

El petróleo es un líquido oleoso bituminoso (que contiene betún) de origen natural compuesto por diferentes sustancias orgánicas. También recibe el nombre de petróleo crudo. Se encuentra en grandes cantidades bajo la superficie terrestre y se emplea como combustible y materia prima para la industria química. Las sociedades industriales modernas lo utilizan sobre todo para lograr un grado de movilidad por tierra, mar y aire impensable hace sólo 100 años. Además, el petróleo y sus derivados se emplean para fabricar medicinas, fertilizantes, productos alimenticios, objetos de plástico, materiales de construcción, pinturas y textiles, y para generar electricidad. En la actualidad, distintos países dependen del petróleo y sus productos; la estructura física y la forma de vida de las aglomeraciones periféricas que rodean las grandes ciudades son posibles gracias a un suministro de petróleo abundante y barato. Sin embargo, en los últimos años ha descendido la disponibilidad mundial de esta materia, y su costo relativo ha aumentado. Es probable que, a mediados del siglo XXI, el petróleo ya no se use comercialmente de forma habitual [4].

Todos los tipos de petróleo se componen de hidrocarburos, aunque también suelen contener algunos compuestos de azufre; el contenido de azufre varía entre un 0,1 y un 5%. El petróleo contiene elementos gaseosos, líquidos y sólidos. La consistencia del petróleo varía desde un líquido tan poco viscoso como la gasolina hasta un líquido tan espeso que apenas fluye. Normalmente hay pequeñas cantidades de estos compuestos gaseosos disueltos en el líquido; cuando las cantidades son mayores, el yacimiento de petróleo está asociado con un depósito de gas natural.

Existen tres grandes categorías de petróleo crudo: de tipo parafínico, de tipo asfáltico y de base mixta. El petróleo parafínico está compuesto por moléculas en las que el número de átomos de hidrógeno es siempre superior en dos unidades al doble del número de átomos de carbono. Las moléculas características del petróleo asfáltico son los nafteros, que contienen exactamente el doble de átomos de hidrogeno que de carbono. El petróleo de base mixta contiene hidrocarburos de ambos tipos [5].

El queroseno es un producto directo de la destilación del petróleo.

3.1.2. Productos de la destilación del petróleo

Las diferentes fracciones que se obtienen reciben nombres genéricos y responden a características bien definidas, pero su proporción relativa depende de la calidad del crudo destilado, de las dimensiones de la torre de fraccionamiento y de otros detalles técnicos. De la cabeza de las torres emergen gases [6]. Las tres fracciones líquidas más importantes de menos a mayor temperatura son:

- Naftas. Son fracciones muy ligeras (densidad= 0.75 g/mL) y de baja temperatura de destilación (menor a 175°C). Están compuestos por hidrocarburos de 5 a 12 átomos de carbono.
- Queroseno. Se destilan entre 175°C y 275°C, teniendo un valor de densidad medio de 0.8 g/mL. Sus componentes son hidrocarburos de 12 a 18 átomos de carbono.
- Gas oil. EL gas oil es un liquido denso, 0.9 g/mL, y aceitoso, que destila entre 275°C y 325°C. Sus hidrocarburos poseen más de 18 átomos de carbono.

Un esquema del proceso de destilación sería el mostrado en la Figura 5:

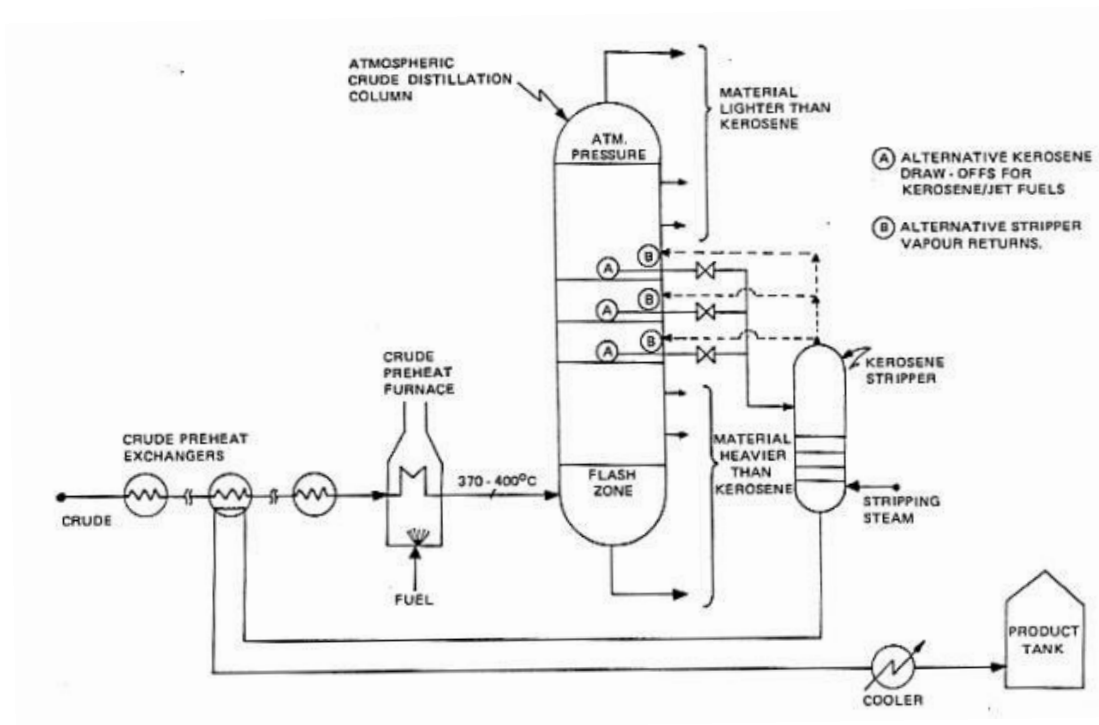


Figura 5. Proceso de destilación del petróleo

A continuación figura una breve descripción de los productos químicos que se utilizan o se forman en el proceso de destilación:

- Dióxido de azufre

El gas procedente de la combustión de combustibles de alto contenido en azufre suele tener niveles altos de dióxido de azufre que se elimina por lo común mediante lavado con agua.

- Cáusticos

Se añaden cáusticos al agua de desalinización para neutralizar ácidos y reducir la corrosión. Se añaden también al crudo desalinizado con el fin de reducir la cantidad de cloruros corrosivos de los productos de las zonas superiores de la torre. Se utilizan en procesos de tratamiento de las refinerías para eliminar contaminantes de las corrientes de hidrocarburos.

- Óxidos de nitrógeno y monóxido de carbono

El gas de chimenea contiene hasta 200 ppm de óxido nítrico, que reacciona lentamente con el oxígeno y forma dióxido de nitrógeno. El óxido nítrico no se elimina mediante el lavado con agua, por lo que puede disolverse en agua y formar ácido nitroso y nítrico. Por lo común, el gas chimenea sólo contiene una pequeña cantidad de monóxido de carbono, a menos que la combustión sea anómala.

- Ácido sulfhídrico

El ácido sulfhídrico se encuentra de modo natural en la mayoría de los crudos de petróleo y se forma también durante el procesado debido a la descomposición de compuestos de azufre inestables. El ácido sulfhídrico es un gas extremadamente tóxico, incoloro e inflamable, más pesado que el aire y soluble en agua. Tiene un olor a huevos podridos que se percibe a concentraciones muy por debajo de su límite de exposición, que es muy bajo. Aun así, no ha de confiarse en ese olor como señal de alerta, pues los sentidos se desensibilizan casi de forma inmediata al producirse la exposición. Se necesitan detectores especiales para alertar a los trabajadores de la presencia de ácido sulfhídrico, y en presencia del gas debe utilizarse protección respiratoria adecuada. La exposición a niveles bajos de este ácido causa irritación, mareos y cefaleas, mientras que la exposición a niveles por encima de los límites prescritos causa depresión del sistema nervioso e incluso la muerte.

- Agua amarga

El agua amarga es agua de proceso que contiene ácido sulfhídrico, amoníaco, fenoles, hidrocarburos y compuestos de azufre de bajo peso molecular. Se produce al absorber el vapor fracciones de hidrocarburos durante la destilación, en la regeneración de catalizador o al absorber el vapor ácido sulfhídrico durante el hidrotratamiento y el hidroacabado. También se genera por la adición de agua a procesos para absorber ácido sulfhídrico y amoníaco.

- Ácido sulfúrico y ácido fluorhídrico

Ambos se utilizan como catalizadores en los procesos de alquilación. El ácido sulfúrico se emplea también en algunos de los procesos de tratamiento.

- Catalizadores sólidos

En los procesos de refino se utilizan varios catalizadores sólidos diferentes, de numerosas formas distintas, desde pastillas hasta cuentas granulares o polvos, constituidos por diversos materiales y con diversas composiciones. En unidades de lecho móvil y fijo se emplean catalizadores de pastillas extruidas, mientras que en procesos de lecho fluido se usan catalizadores de partículas esféricas finas. Los catalizadores utilizados en procesos que eliminan el azufre están impregnados de cobalto, níquel o molibdeno. En las unidades de craqueo se emplean catalizadores de fundición ácida: arcilla natural, alúmina-sílice y zeolitas. En la isomerización y la reforma se emplean catalizadores de función ácida impregnados de platino u otros metales nobles. Los catalizadores agotados requieren medidas especiales de manipulación y protección frente a las exposiciones, dado que a veces contienen metales, aceites aromáticos, compuestos aromáticos policíclicos cancerígenos u otros materiales peligrosos, y también pueden ser pirofóricos.

3.1.3. El queroseno y sus propiedades

La Tabla 2 muestra un resumen de las características del queroseno para el objetivo de este proyecto.

Tabla 2. Características del queroseno

Nombre del subproducto	Nº promedio de átomos de carbono	Temperatura a la que se alquila
Queroseno	C ₁₀ -C ₁₆	170-300 °C

El queroseno se utiliza normalmente para alumbrar, calentar, cocinar, así como combustible para motores diesel, tractores, cohetes, mecheros y como base para insecticidas. Durante mucho tiempo fue empleado para el alumbrado de las casas y largamente conocido como combustible de lámparas. Su porcentaje de pureza varía de crudo en crudo. El consumo de queroseno, en comparación con otras fracciones de petróleo es menos en países desarrollados que en países subdesarrollados o en vías de desarrollo. Esto es debido a que es muy frecuente el uso del mismo como desinfectante y repelente de insectos.

Debido a la composición del crudo y al proceso al que es sometido, el producto obtenido contendrá impurezas que deberán ser tratadas para mejorar su calidad y utilidad. Por ejemplo, la mayoría de los crudos de la India contienen un alto contenido en aromáticos, mientras que los del Medio-Este y la mayor parte de Estados Unidos son bajos en ellos y, en concreto los crudos de Venezuela se caracterizan por su alto contenido en azufre.

- Propiedades del queroseno

Es un líquido oleaginoso inflamable cuyo color varía de incoloro a negro. Consiste en una mezcla compleja de cientos de compuestos diferentes, la mayoría hidrocarburos compuestos que contienen átomos de carbono e hidrógeno formando moléculas de hasta 50 átomos de carbono. Presentan pequeñas cantidades de azufre, nitrógeno, oxígeno y metales pesados, estos últimos formando parte de las moléculas de los hidrocarburos no en su estado libre.

El peso molecular del queroseno es aproximadamente 170 g/mol. La composición aproximada se mueve en el rango de C₁₂-C₁₆, hirviendo normalmente entre los 150°C y los 235-315°C. Sus propiedades difieren según la zona substancialmente en composición, sulfuro, cicloparafinas, y contenido aromático.

La composición media del queroseno que se usa como aceite combustible es de un 84% de carbono y un 16% de hidrógeno. Su potencia calorífica varía de 11.000 a 11.700 kcal/kg.

Las características más importantes son:

- Descripción del producto:
Líquido rojo de olor característico.
Puede desarrollar electricidad estática por agitación o descarga en recipientes.
No usar aire comprimido para trasvasarlo.
Reacciona con oxidantes fuertes, con riesgo de incendio y explosión. Sus vapores son más densos que el aire, pudiendo inflamarse a distancia.
- Formas de absorción:
Puede ingresar en el organismo por absorción cutánea, ingestión o inhalación.
Por evaporación a temperatura ambiente pueden alcanzarse concentraciones riesgosas, sobre todo si el producto está como aerosol.
- Efectos inmediatos:
Irrita los ojos, la piel y las vías respiratorias.
El líquido destruye las grasas de la piel.
En caso de ingestión, la absorción de líquido por los pulmones puede causar neumonía.
A altas concentraciones, sus vapores pueden causar pérdida de conocimiento.

A continuación la Tabla 3 muestra todos los riesgos y medidas de protección a llevar a cabo producidas como consecuencia del queroseno.

Tabla 3. Riesgos y medidas de protección del queroseno

RIESGO	SÍNTOMAS	MEDIDAS DE PREVENCIÓN	MEDIDAS DE PROTECCIÓN
FUEGO	Combustible	Evitar chispas o llamas abiertas. NO FUMAR.	Espuma, polvo químico, anhídrido carbónico. Agua sólo como niebla para enfriar recipientes expuestos.
EXPLOSIÓN	Los vapores del producto forman mezcla explosiva con el aire.	Usar instalaciones eléctricas a prueba de explosión y herramientas antichispa.	En caso de fuego, enfriar con agua y los recipientes expuestos.
INHALACIÓN	Náuseas, dolor de cabeza, somnolencia.	Ventilación, extracción localizada, protección respiratoria.	Llevar al aire fresco. Reposo. Llamar al médico.
PIEL	Irritación.	Evitar el contacto directo con la piel. Usar guantes de neopreno o PVC.	Sacar la ropa contaminada. Lavar con abundante agua.
OJOS	Irritación y dolor.	Usar gafas protectoras.	Lavar los ojos con abundante agua. Llevar al médico.
INGESTIÓN	Náuseas, vómitos, dolor de cabeza, vértigo.	Evitar ingerir alimentos o bebidas en lugares de trabajo.	No inducir el vómito. Llevar al hospital.

3.2. PROCESOS DE DESMERCAPTANIZACIÓN Y TRATAMIENTO DE HIDROCARBUROS. UNIDAD UNIFINING

3.2.1. Descripción

Muchos productos requieren tratamiento para utilizarlos en mezclas de gasolina y de fuel. Tal es el caso de las naftas térmicas obtenidas mediante coquización o craqueo térmico, y de las naftas y destilados de alto contenido de azufre procedentes de la destilación del petróleo crudo. La mayoría de los productos de la destilación, como el queroseno, contienen trazas de aromáticos, y naftenos y materiales base para aceites lubricantes. Tales componentes se eliminan en fases de refino intermedias o justo antes de enviar los productos para su mezcla y almacenamiento. Una serie de productos intermedios y acabados de la destilación (los destilados intermedios, la gasolina, el queroseno, el combustible para aviones de reacción y los gases sulfurosos) requieren secado y desmercaptanización.

Así se eliminan los contaminantes del petróleo, como compuestos orgánicos que contienen azufre, nitrógeno y oxígeno, metales disueltos, sales inorgánicas y sales solubles disueltas en el agua emulsionada. Entre los materiales de tratamiento hay ácidos, disolventes, álcalis y oxidantes y adsorbentes. Los tratamientos con ácido se utilizan para mejorar el olor, color y otras propiedades de los materiales base para lubricantes, prevenir la corrosión y la contaminación de los catalizadores, y así mejorar la estabilidad de los productos. El ácido sulfhídrico que se extrae del gas ácido “seco” se quema y se utiliza como combustible o se convierte en azufre. El tipo de tratamiento y de agentes utilizados depende de la carga de crudo, de los procesos intermedios y de las especificaciones del producto final.

3.2.2. Procesos de tratamiento con disolventes

La extracción de disolventes separa los aromáticos, naftenos e impurezas de las corrientes de productos mediante disolución o precipitación. La extracción de disolventes sirve para prevenir la corrosión, proteger el catalizador en procesos subsiguientes y mejorar los productos terminados eliminando hidrocarburos aromáticos insaturados de los materiales base para grasas lubricantes.

La carga se seca y posteriormente se somete a un tratamiento continuo con disolvente a contracorriente. En uno de los procesos, se usa un líquido para lavar en el que las sustancias que se eliminan son más solubles que el producto resultante. En otro proceso, se aditivan diferentes disolventes con los que las impurezas precipitan y se separan del producto por calentamiento, evaporación o fraccionamiento. De esta forma se eliminan a continuación las trazas residuales del refinado mediante separación al vapor o vaporización instantánea a vacío. Para separar los compuestos inorgánicos se utiliza la precipitación eléctrica. Después se regenera el disolvente para emplearlo de nuevo en otros procesos.

Entre los productos químicos normalmente utilizados en el proceso de extracción existen una gran variedad de ácidos, álcalis y disolventes, como fenol y furfural, así como oxidantes y adsorbentes. La selección de procesos específicos y agentes químicos depende de la naturaleza de la carga tratada, de los contaminantes y de los requisitos del producto acabado.

La Figura 6 muestra la evolución del proceso de tratamiento con disolventes.

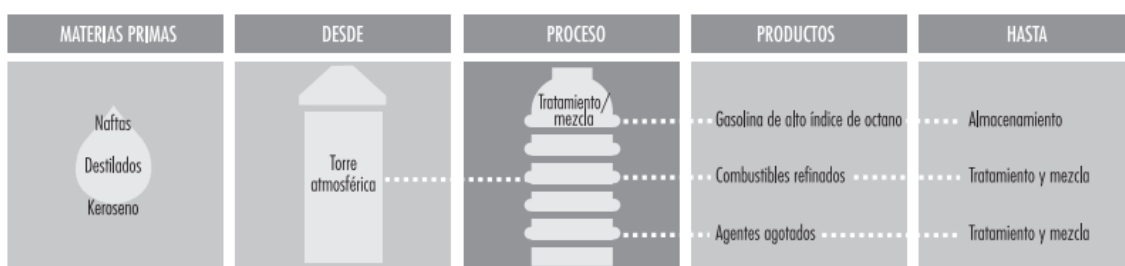


Figura 6. Proceso de tratamiento con disolventes

El proceso de desparafinado de disolventes es usado para eliminar la cera del destilado o de los materiales base residuales, y se aplica en cualquier fase del proceso de refinado. En el desparafinado de disolventes, las cargas parafinicas se enfrían mediante intercambiadores de calor y refrigeración, y se añade disolvente para facilitar el crecimiento de cristales, eliminándolos después mediante filtración a vacío. El disolvente y el petróleo desparafinado se vaporizan instantáneamente y se separan, y la cera pasa por un decantador de agua, un fraccionador de disolvente y una torre de destilación instantánea.

El desasfaltado de disolventes separa las fracciones de aceite pesado para producir aceite lubricante pesado, carga de craqueo catalítico y asfalto. La carga y el propano líquido se bombean a una torre de extracción en mezclas y a temperaturas y presiones controladas con exactitud. La separación tiene lugar en función de las diferencias de solubilidad. Después los productos se evaporan y se separan al vapor para recuperar el propano con el fin de reciclarlo. Este proceso elimina también de la carga compuestos de azufre y de nitrógeno, metales, residuos de carbono y parafinas.

3.2.3. Proceso de hidrotratamiento. Unifining

El hidrotratamiento se utiliza para eliminar alrededor del 90% de los contaminantes, como nitrógeno, azufre, metales e hidrocarburos insaturados (olefinas), de las fracciones de petróleo líquidas. Este proceso es similar al hidro craqueo donde tanto el hidrógeno como el catalizador se utilizan para enriquecer el contenido de hidrógeno de la carga de olefinas. Normalmente, el hidrotratamiento se realiza antes de otros procesos (como la reforma catalítica), para evitar que el catalizador no se contamine con la carga de material no tratado. También se lleva a cabo antes del craqueo catalítico para reducir el azufre y mejorar las fracciones intermedias de petróleo destilado convirtiéndolas en queroseno, gasóleo diesel y gasóleos de calefacción.

Los diferentes procesos de hidrotratamiento se diferencian en función de las cargas y los catalizadores. La hidrodeshidrosulfuración elimina el azufre del queroseno y reduce los aromáticos. La hidroformación es un proceso de deshidrogenación que se utiliza para recuperar el exceso de hidrógeno y producir gasolina de alto índice de octano.

En la *hidrodeshidrosulfuración catalítica*, la carga se desairea, se mezcla con hidrógeno, se precalienta y se hace pasar a alta presión por un reactor catalítico de lecho fijo. Después el hidrógeno se separa y se recicla y el producto se estabiliza en una columna de destilación primaria donde se eliminan los residuos ligeros.

Mientras se lleva a cabo este proceso, los compuestos de azufre y nitrógeno presentes en la carga se convierten en ácido sulfhídrico (H_2S) y amoníaco (NH_3). El ácido sulfhídrico y el amoníaco residuales son eliminados por separación al vapor (*la destilación por arrastre de vapor se emplea para separar una sustancia de una mezcla que posee un punto de ebullición muy alto y que se descomponen al destilar) utilizando un separador combinando alta y baja presión o mediante un lavado con aminas que recupera el ácido sulfhídrico en una corriente altamente concentrada, permitiendo la conversión en azufre elemental.

La Figura 7 muestra un esquema del proceso y la Figura 8 la evolución de las materias primas hasta la obtención del producto requerido.

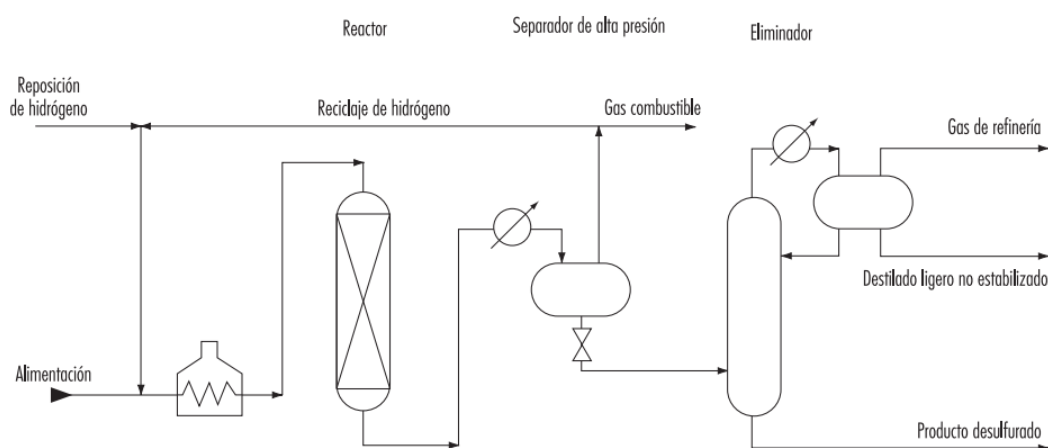


Figura 7. Esquema del proceso de Unifining



Figura 8. Proceso Unifining

En el proceso de hidrotratamiento se debe controlar el ácido sulfhídrico que contiene la carga con el objeto de mantenerlo en un nivel mínimo para reducir la corrosión. A veces se forma cloruro de hidrógeno y se condensa en forma de ácido clorhídrico en las secciones de baja temperatura de la unidad. En las secciones de alta presión y temperatura se forma bisulfuro amónico. Si se produjese fuga existe una exposición a vapores de naftas aromáticas que contienen benceno, a ácido sulfhídrico o hidrógeno gaseoso, o a amoníaco si se origina una fuga o derrame de agua amarga. Por otro lado puede haber fenol si se procesan cargas con alto punto de ebullición.

Se podrá producir coquización en la unidad si el tiempo de contacto y/o temperatura son excesivos. Se deben tomar precauciones al descargar el catalizador coquizado con el fin de prevenir incendios por sulfuro de hierro. El catalizador coquizado tendrá que ser enfriado hasta una temperatura inferior a 49°C antes de extraerlo, o ser vaciado en recipientes inertizados con nitrógeno donde pueda enfriarse antes de su posterior manipulación.

3.3. PROCESO MOLEX

3.3.1. Proceso industrial de adsorción

Los procesos industriales de adsorción se llevan a cabo en dos etapas, una primera etapa de adsorción y otra segunda etapa de desorción. En la mayoría de las instalaciones las dos etapas están bien diferenciadas. El lecho se encuentra en un primer periodo en la etapa de adsorción con el objetivo de separar los componentes de la mezcla alimentada, y en un segundo periodo, etapa de desorción, para recuperar la capacidad del adsorbente.

Estudios recientes han desarrollado procesos en los que la adsorción y la desorción se producen simultáneamente, o más bien de forma sucesiva pero en el mismo equipo y formando parte del mismo proceso continuo. Uno de ellos es el proceso SORBEX, nombre designado por la empresa estadounidense U.O.P, donde el proceso de adsorción es contracorriente con movimiento simulado del sólido. Los procesos SORBEX funcionando actualmente trabajan en fase líquida, aunque también puede ser aplicado a sistemas en fase vapor. Para la separación de n-parafinas de iso-parafinas y aromáticos, presentes en el queroseno, el proceso recibe el nombre de MOLEX. En él se usa como desorbente una parafina ligera, generalmente n-pentano [7][8].

El esquema de corrientes del proceso simula un flujo continuo en contracorriente entre dos fases, sólida y líquida, o sin movimiento del sólido. La ventaja de operar en contracorriente es la minimización de adsorbente requerido y la eliminación de problemas asociados al flujo de sólidos. En la práctica el proceso es continuo y las composiciones y velocidades de todas las corrientes que entran y salen del sistema son constantes.

Lecho móvil de adsorción

El sólido desciende a través del lecho de forma continua y se recircula por el exterior hasta la parte superior de la columna.

Se supone que el alimento contiene dos componentes, A y B, y que A se adsorbe con preferencia sobre B.

El compuesto D se usa como desorbente, con la capacidad de desplazar de forma reversible a los componentes A y B del sólido mientras él se adsorbe. Los productos extracto y refinado contienen los componentes A y B separados, cada uno de ellos mezclado con el desorbente D, del cual se recuperan por destilación.

El lecho de adsorción se divide en cuatro zonas en función de las corrientes externas como se observa en la Figura 9.

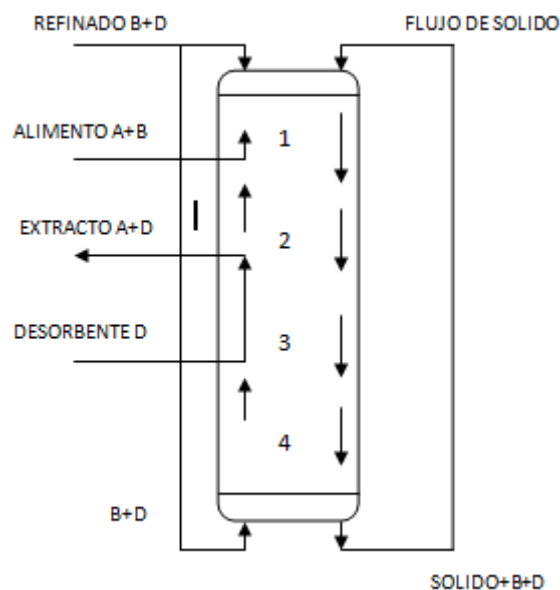


Figura 9. Lecho móvil de adsorción

Zona 1: zona de adsorción donde se elimina completamente el componente A de la corriente líquida que va ascendiendo y se produce una nueva corriente de B y D que desciende. El sólido que pasa por la zona 1 solo contiene los componentes B y D, y mientras desciende va adsorbiendo A desde la fase líquida. De forma paralela se desliza parte de D.

Zona 2: zona de rectificación primaria donde el componente B se elimina completamente del sólido. En la Zona 2 entra sólido que lleva A y B debido a que se pone en contacto con la alimentación fresca. Por otro lado el líquido que entra en la Zona 2 por la parte inferior lleva A y D, dando la posibilidad mientras el sólido desciende de eliminar el componente B con la corriente líquida ascendente de A y D ya que A se absorbe con más fuerza que B, a la vez que D no desliza completamente a A.

Zona 3: zona de desorción, se elimina completamente A del sólido. En esta zona, el sólido lleva A y D adsorbidos. A la vez que el sólido desciende, D desliza al A adsorbido eliminándolo del sistema.

Zona 4: zona de rectificación secundaria. Se desorbe parte de D del sólido que entra a ponerse en contacto con un líquido que contiene B y D. La cantidad de componente D desorbido pasa a la Zona 3.

Lecho fijo de adsorción

La adsorción es un fenómeno de retención superficial que se da como resultado de las fuerzas de interacción entre las moléculas de un fluido (adsorbato) y las de la superficie de un sólido (adsorbente). Las moléculas del fluido inciden continuamente sobre una superficie, permaneciendo ahí durante un periodo de tiempo antes de volver al seno del fluido, debido a esto la concentración de estas moléculas sobre la superficie cada vez será mayor que la correspondiente al seno del mismo. Este es el fenómeno por el cual se considera la adsorción como un método de separación.

Dependiendo de la interacción entre el adsorbato y el adsorbente se distinguen dos tipos de adsorción:

- Física. Se produce cuando interaccionan las moléculas del sólido y del líquido de forma individual y el proceso se puede considerar reversible. Estas fuerzas de interacción son más débiles que las de los enlaces químicos. Por todo esto, la adsorción física se puede considerar análoga a una condensación de moléculas gaseosas o a la cristalización partiendo de un líquido.
- Química. El proceso de adsorción se lleva a cabo cuando el sólido y el fluido intercambian o comparten electrones.

En general, en los procesos industriales de separación la adsorción es física, siendo interesante la adsorción química en los procesos de catálisis. En la adsorción física el proceso se lleva a cabo en un lecho fijo, de forma que la disolución a tratar se hace pasar a través de un lecho estacionario de adsorbente, el cual se va saturando con el tiempo debido al progreso de la adsorción.

Durante la fase inicial del proceso el soluto se adsorbe principalmente sobre las capas superiores del adsorbente fresco, dando como resultado que la zona de adsorción se encuentre cerca de la entrada de la columna. Mientras la mezcla atraviesa el lecho, las primeras capas se saturan de soluto, por lo que la zona de adsorción se desplaza en sentido descendente con una velocidad menor que la velocidad lineal del fluido a través del lecho. El proceso se representa en la Figura 10.

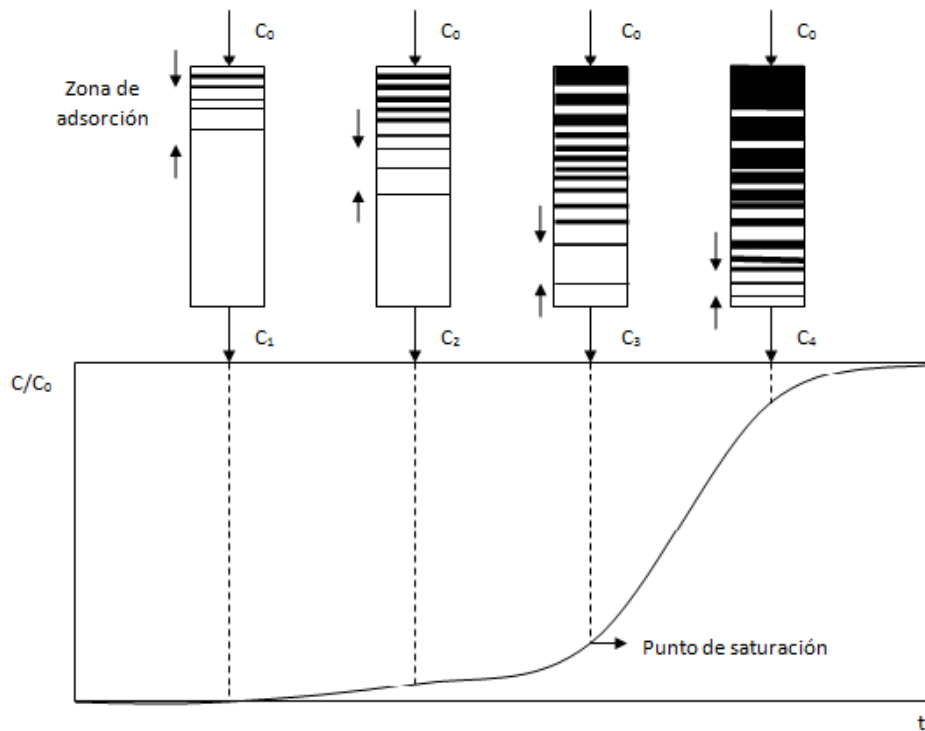


Figura 10. Evolución de una columna de adsorción de lecho fijo respecto al tiempo

Inicialmente la concentración C_1 del efluente es prácticamente cero, hasta el momento en el que la zona de adsorción llega a la base del lecho, momento en el cual la concentración de adsorbato en la corriente de salida aumenta de valor. Esto indica que el lecho ha llegado al punto de saturación C_3 y la columna está próxima al equilibrio con la disolución de la corriente de alimentación. Después de este punto, la adsorción es pequeña aumentando la concentración en el efluente con rapidez.

3.3.2. Proceso Molex

Hoy en día el uso de adsorbentes en la industria química está muy difundido, fundamentalmente en procesos de purificación y separación, tanto en fase gaseosa como líquida.

De la unidad anterior, Unifining, se obtiene una corriente limpia de impurezas que en su mayoría se compone de parafinas, debido a que las olefinas se han hidrogenado debidamente, de aromáticos y naftenos principalmente. Dentro de las parafinas se pueden distinguir dos grupos: parafinas lineales o normales-parafinas (n-parafinas) y parafinas ramificadas o iso-parafinas (i-parafinas). Las deseables en el proceso de producción de LAB son las n-parafinas, siendo necesario separarlas antes del proceso de obtención del tensoactivo. Esto se realiza mediante el proceso Molex con un tamiz de zeolita 5A.

El proceso MOLEX es la aplicación industrial más importante de la zeolita 5A. Tiene como objetivo aprovechar el carácter de tamiz molecular de la zeolita para separar, por adsorción selectiva, parafina lineales (C₁₀-C₁₆) de los hidrocarburos aromáticos, i-parafinas y naftenos que las acompañan en las fracciones de petróleo, queroseno.

Las parafinas lineales aisladas se utilizan para obtener dodecil-benceno, que, sulfonado posteriormente se usa como tensoactivo en la formulación de detergentes biodegradables.

Las zeolitas son aluminosilicatos cristalinos. Su estructura consiste en una red tridimensional de tetraedros SiO₄, AlO₄, denominados unidad fundamental, que enlazados por sus átomos de oxígeno forman estructuras poliédricas más o menos complejas. De esta forma se crean cavidades o canales de diferentes tamaños en las que se alojan las moléculas de agua y los cationes. Estas cavidades están conectadas entre sí por aberturas o poros de dimensiones constantes. Las diferentes formas de asociación de los tetraedros así como la relación Si/Al originan distintos tipos de zeolitas.

La zeolita 5A se obtiene como se puede ver en la Figura 11 por intercambio de los iones Na⁺ presentes en la zeolita 4A por iones Ca²⁺ [8].

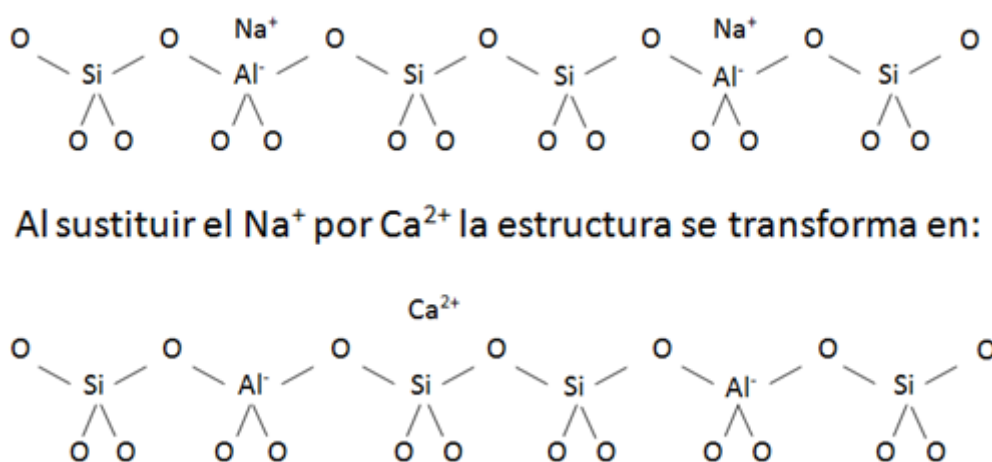


Figura 11. Estructuras de las zeolitas 4A y 5A

Debido a su elevada porosidad, estructura y desarrollo superficial, este tipo de zeolita es utilizada principalmente como adsorbente selectivo. Deshidrata adsorbiendo selectivamente agua o en su ausencia, adsorbe cualquier molécula que pueda penetrar en su estructura, excluyendo moléculas de mayor tamaño, más voluminosas.

El queroseno procedente de la refinería se somete a una etapa de hidrodelsulfuración con el objetivo de eliminar impurezas, y después pasa a la unidad MOLEX, donde se separan las isoparafinas e hidrocarburos aromáticos de las parafinas lineales mediante adsorción selectiva de éstas en un lecho de tamiz molecular 5A. Tras posteriores etapas de desorción, los

hidrocarburos lineales que son recuperados se someten a una etapa de deshidrogenación antes de pasar por la unidad de alquilación final.

3.3.3. Desorción del tamiz

En la etapa de desorción se recuperan las parafinas lineales usando como desorbente n-pentano. Es usado debido a su bajo punto de ebullición, bajo coste y relativa seguridad, por lo que, es un disolvente que se evapora con facilidad.

Las i-parafinas retenidas en el tamiz molecular son desorbidas por una corriente de isobutano y n-pentano pudiendo tener dos usos principales en este proceso.

1. Uso directo como componente del combustible ATK (queroseno para aviación), compuesto interesante para su comercialización por la refinería.
2. Introducción en la Unidad HDA donde la corriente sufre un proceso de desaromatización (eliminación de compuestos aromáticos y naftenos) para emplearse como disolvente.

Las condiciones de operación del proceso MOLEX son $T=175^{\circ}\text{C}$ y $P=21\text{ kg/cm}^2$, que junto con las propiedades ácidas del tamiz, se produce paulatinamente la deposición de un residuo carbonoso no desorbible (coque) sobre su estructura porosa. Esto provoca sobre el tamiz un proceso de desactivación, que le hace perder poco a poco su capacidad y velocidad de adsorción. Normalmente su sustitución es necesaria al cabo de algunos años, de 4 a 5. Las olefinas compiten con las parafinas por los centros ácidos del tamiz dando una mayor velocidad de desactivación del tamiz molecular, aumentando la cantidad de residuo depositado y su relación C/H.

3.3.4. Desactivación del tamiz

La desactivación desempeña un papel importante en la velocidad de separación, así como en la elección y diseño de los equipos industriales, y en la estrategia de operación que resulta más conveniente adoptar para mantener, en el tiempo, valores óptimos de velocidad [9].

De forma genérica los procesos de desactivación se clasifican en tres tipos: sinterización, envenenamiento y ensuciamiento. En el caso de estudio los procesos más comunes son el envenenamiento y la coquización, ensuciamiento.

Envenenamiento

El envenenamiento es debido a la quimisorción en los centros activos del catalizador de impurezas o trazas de sustancias, llamadas veneno, que originan a menudo pérdidas irreversibles en los centros útiles para la reacción principal. El envenenamiento puede estar producido por la presencia de impurezas en el alimento o por productos de reacción que

retardan o imposibilitan la adsorción de los reactivos. Existen algunos casos de reversibilidad en los que el material puede ser reactivado.

El envenenamiento no siempre es indeseable. A veces, se usa para favorecer la reacción deseada e inhibir las reacciones secundarias, o en otros casos para rebajar la acidez del catalizador y disminuir la probabilidad de formación de coque, prolongando de esa manera su vida útil.

En el caso de catalizadores y/o adsorbentes formados por zeolita se conocen una gran cantidad de venenos, entre los cuales se pueden citar:

- Bases nitrogenadas, que combinadas con los centros ácidos de la zeolita disminuyen su acidez y, así mismo, su actividad.
- Metales quimiadsorbidos, destruyendo la estructura porosa de las zeolitas o neutralizando centros ácidos provocando la reducción de su actividad, así como, de su resistencia térmica e hidrotérmica.

Ensuciamiento

Por otro lado, el ensuciamiento provoca la desactivación por especies químicas que, o están presentes en la fase fluida, o se forman por reacciones en la superficie provocando una deposición que cubre los centros activos o bloquea los poros del catalizador. Industrialmente este tipo de desactivación se produce por la deposición de dos sustancias, residuos carbonosos no desorbibles o coque, y sulfuros metálicos, provenientes de la reacción de los compuestos organometálicos presentes en el petróleo con moléculas que contienen azufre.

El ensuciamiento por coque resulta objeto de interés pues su formación es prácticamente inevitable en operaciones donde intervienen compuestos orgánicos, es decir, en todos aquellos procesos pertenecientes a la Petroquímica.

El fenómeno de desactivación por ensuciamiento de las zeolitas más importante es la formación de coque durante la separación o reacción de compuestos orgánicos. Se produce por la deposición de residuos carbonosos que no se pueden adsorber sobre los centros activos de la zeolita o bloqueando su estructura porosa. La desactivación generada no sólo depende de la naturaleza del alimento y de las condiciones de operación, sino también, del tipo de zeolita utilizada, de su porosidad, selectividad de forma y acidez.

Dependiendo de donde se produzca la deposición de coque puede provocar dos efectos:

1. Limitación del acceso de las moléculas de reactante o de adsorbato a los centros activos de la estructura microporosa de la zeolita. Este fenómeno se denomina desactivación superficial.
2. Bloqueo del acceso a los centros activos debido a que hay moléculas situadas en el interior o en el exterior de la superficie de la zeolita, provocando la pérdida de centros activos para la catálisis y/o adsorción. En ese caso se le denomina al proceso Bloqueo o Embolismo.

Ambos efectos se pueden producir de forma simultánea. Pudiéndose provocar inicialmente una desactivación superficial para desembocar en un bloqueo total de la capacidad de adsorción de la zeolita.

La desactivación de catalizadores por deposición de coque se reduce o anula cuando se opera en condiciones supercríticas, debido a la mayor solubilidad de los hidrocarburos pesados que actúan como precursores del coque, evitándose así la deposición sobre los centros activos y el bloqueo del acceso a la estructura porosa del catalizador.

La regeneración de las zeolitas se puede llevar a cabo de distintas formas:

- Regeneración por fluidos (gases o líquidos).
- Regeneración por tratamiento térmico.
- Regeneración asistida con microondas.
- Regeneración electroquímica.

La regeneración del catalizador por extracción del residuo carbonoso se puede llevar a cabo usando un disolvente supercrítico, aunque, una vez formado coque resulta difícil la eliminación completa del mismo. Se utiliza CO₂ supercrítico removiendo un 80% de coque.

En la Figura 12 se puede observar un resumen de las diferentes etapas que se han explicado y llevado a cabo hasta ahora para la obtención de n-parafinas a partir del queroseno.

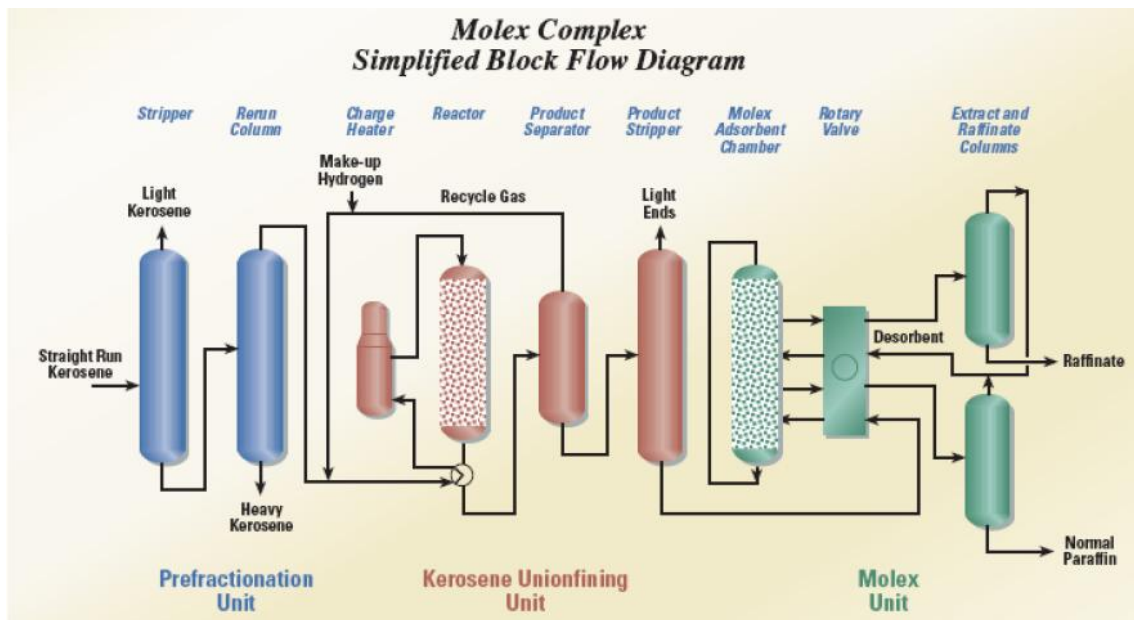


Figura 12. Etapas de destilación, hidrogenación y Proceso Molex

3.4. PROCESO PACOL

3.4.1. Introducción

El objetivo del proceso es la conversión de parafinas lineales en olefinas lineales. Fue comercializado por primera vez en 1968. El desarrollo del proceso PACOL marcó una transformación importante en la industria de detergentes y contribuyó a la utilización generalizada de sulfonato de alquilbenceno lineal, LAS.

Actualmente, prácticamente todos los nuevos complejos de alquilbenceno lineales, LAB, de gran capacidad construidos en todo el mundo hacen uso de este proceso.

3.4.2. Descripción del proceso PACOL

El objetivo principal de la unidad es convertir las n-parafinas (saturadas) obtenidas en la etapa anterior en olefinas (hidrocarburos lineales insaturados)[10][11].

En esta unidad, Figura 13, se da un proceso de hidrogenación catalítica con una conversión del 12% de las n-parafinas aproximadamente, obteniéndose una mezcla de monoolefinas y n-parafinas no deshidrogenadas, el 88%. Por otro lado, también se produce, pero en pequeñas cantidades, reacciones de isomerización y aromatización, dando lugar a pequeñas cantidades (menores del 1%) de di-olefinas y aromáticos.

La conversión tan baja se acepta principalmente porque el proceso es poco selectivo, de forma que para obtener la monoolefinación de las n-parafinas se debe tener una gran cantidad de reactivos. Si fuese así, aumentaría la conversión y como consecuencia aumentaría el número de dobles enlaces (diolefinas, triolefinas, etc...) que no son eliminados fácilmente en la siguiente etapa.

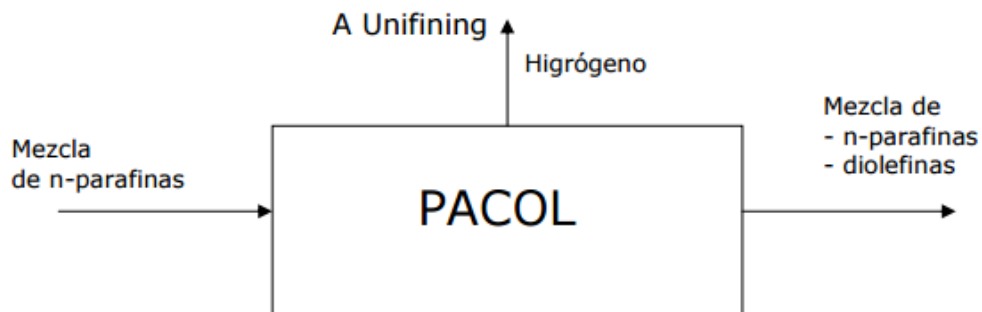


Figura 13. Unidad Pacol

La corriente de alimentación está compuesta por hidrocarburos en presencia de hidrógeno. La mezcla de hidrocarburos introducidos está formada por dos corrientes, la principal proveniente del proceso Molex y una secundaria, reciclo de n-parafinas salientes del proceso de alquilación. El equipo está formado por un reactor de flujo radial adiabático con precalentamiento de la alimentación, normalmente para compensar la caída de temperatura endotérmica y para minimizar la caída de presión dentro de un volumen de reactor eficiente, utilizando velocidades espaciales relativamente altas de modo que sólo se requiera una pequeña cantidad de catalizador. Se trata de una reacción catalizada, donde el catalizador está constituido por Pd esparcido sobre un soporte de esferas de alúmina.

La elevada porosidad del paladio junto con una adecuada presión de operación del hidrógeno son suficientes para asegurar el éxito de la operación.

El reactor es un espacio cilíndrico que lleva en su interior dos mallas concéntricas entre las cuales se encuentra el catalizador.

La unidad está formada por dos reactores, uno operando y otro regenerando o recargando el catalizador para garantizar la continuidad de la operación.

3.4.3. Reacciones del Proceso PACOL

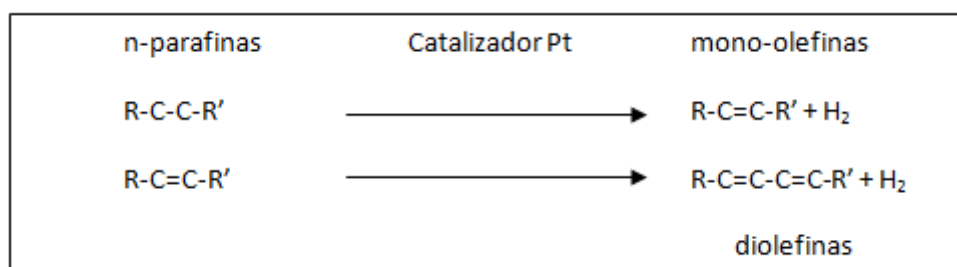


Figura 14. Reacciones del proceso Pacol

La composición de las n-parafinas en peso: 10% de n-C₁₀, 40% de n-C₁₁, 40% de n-C₁₂ y 10% de n-C₁₃. Las parafinas inferiores a n-C₁₀ se consideran como ligeros.

La alimentación fresca y el reciclo proveniente de la salida de la alquilación son calentados previamente mediante un intercambiador y un horno para aumentar su temperatura hasta la correspondiente temperatura de reacción. Después pasa a la unidad PACOL donde las n-parafinas son deshidrogenadas catalíticamente a olefinas lineales.

A la salida del proceso Pacol la corriente se enfría y es enviada a un separador donde el H₂ se elimina de la fase líquida y se envía al compresor. La corriente exenta de hidrógeno va a un stripper donde se eliminan los ligeros y los pesados se envían a la sección de alquilación. La corriente de alimentación al proceso de alquilación está compuesta por un 87-91 % de n-parafinas no reaccionadas y un 9-13 % de mono-olefinas. Del balance se deduce que solo se convierte en olefinas un 10% de la carga de entrada al proceso [12].

La deshidrogenación de n-parafinas es una reacción endotérmica. La conversión de equilibrio para la reacción de deshidrogenación se determina por la presión total, la presión parcial del hidrógeno y la temperatura.

A la salida del proceso Pacol las n-parafinas que no han reaccionado acompañan a las olefinas. En el proceso UOP se acude a la reacción de alquilación donde las n-parafinas, inertes, se separan del alquilbenceno por destilación debido a que los puntos de ebullición de ambos productos son muy diferentes. Antes de introducir las n-parafinas separadas del alquilbenceno de nuevo en la unidad se eliminan las trazas de fluorhídrico con un tratamiento de alúmina. Resultaría interesante separar las n-parafinas no reaccionadas de las olefinas después de la deshidrogenación, pero no es posible debido a su gran semejanza física. Otra forma sería separarlas con un tamiz molecular pero resulta un proceso muy caro.

Sin embargo, la presencia de parafinas en la reacción de alquilación se puede considerar útil. La reacción de alquilación es muy exotérmica y si únicamente hubiese olefinas puras habría que usar una serie de intercambiadores de enfriamiento para evitar que las altas temperaturas dieran lugar a productos no deseables. Así, las parafinas no se comportan solamente como un disolvente inerte sino que ayuda a mantener a las olefinas en baja concentración y sobre todo, ayuda a controlar la temperatura de reacción al absorber gran parte del calor de reacción.

3.5. UNIDAD DEFINE

Una vez pasada la unidad Pacol, la mezcla obtenida se hace pasar por la unidad Define donde, las diolefinas formadas en la etapa anterior son convertidas en monoolefinas. Las corrientes de entrada y salida del proceso se muestran en la Figura 15.

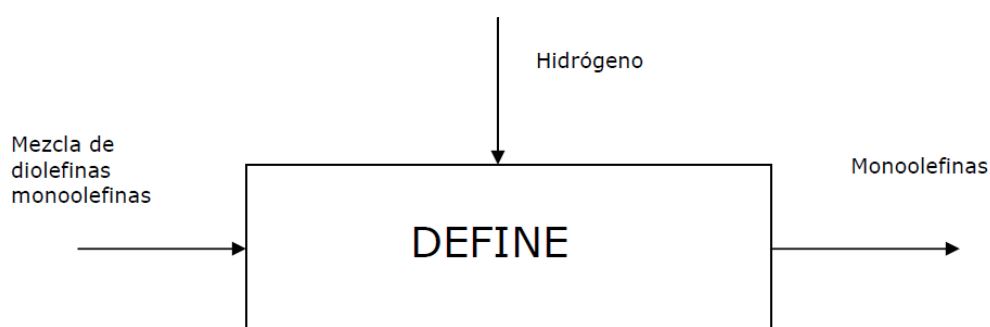


Figura 15. Proceso Define

En el proceso Define se lleva a cabo una hidrogenación selectiva. Se utiliza un catalizador peor que en el proceso de deshidrogenación y se realiza en un reactor más pequeño con una mayor presión de hidrógeno.

Cuanto menor es el tiempo y peor el catalizador mayor es la selectividad, así las moléculas con dobles enlaces son más afines al catalizador y la cantidad de monoolefinas es mayor en el producto final de esta unidad.

La reacción no es selectiva respecto a la posición del doble enlace y tampoco se puede controlar las cantidades de monoolefinas que se obtienen de cada tipo. De esta forma, en la corriente de salida, se tendrá una mezcla de todos los posibles isómeros que se pudiesen producir sin ningún tipo de separación posterior [13][14].

3.6. PROCESO DE ALQUILACIÓN

La alquilación es un proceso en el cual una olefina se combina con un hidrocarburo parafínico o aromático en presencia de un catalizador. Es posible realizarse sin catalizadores pero se requieren grandes temperaturas y se producen diferentes reacciones secundarias indeseables. Esas reacciones secundarias son más o menos indeseables, dependiendo de los productos que se formen.

El LAB procede de la alquilación de olefinas lineales C – C con benceno. Ya obtenido el LAB para obtener LABs, carga activa de los detergentes, es necesario sulfonarlo y neutralizarlo.

La producción global en el año 2012 fue de $3,8 \cdot 10^6$ toneladas. El crecimiento anual es del 2,4% y sólo el 2% de la producción total se usa para la fabricación de otros compuestos que no sean LABs.

Cuanto más al extremo esté situado el anillo bencénico mayor es la biodegradabilidad del detergente.

3.6.1. Alternativas para la producción de LAB

1. Deshidrogenación de n-parafinas a olefinas y alquilación del benceno usando como catalizador ácido fluorhídrico. Es un proceso patentado por UOP y ha dominado la producción mundial de LAB hasta hace unos años.
2. Deshidrogenación de n-parafinas a olefinas y alquilación del benceno utilizando como catalizador zeolitas formando un lecho fijo. De las zeolitas se aprovecha su carácter ácido. El proceso ha sido desarrollado por CEPSA y UOP y se denomina DETAL. Actualmente se encuentran varias plantas funcionando en el mundo y otras en construcción.
3. Cloración de las n-parafinas formando monocloparafinas seguida por la reacción de Friedel-Crafts donde el derivado monoclorado se trata con benceno para alquilarlo usando como catalizador cloruro de aluminio, $AlCl_3$.

4. Cloración de las n-parafinas formando monocloroparafinas. Después son decloradas para la obtención de olefinas con el objetivo de que posteriormente sean alquiladas con benceno usando como catalizador cloruro de aluminio. Es un proceso en desuso debido al fuerte impacto ambiental que provoca el uso de HCl.

La última alternativa es usada actualmente por las pocas plantas que siguen produciendo alquilbenceno ramificado (BAB). El proceso de alquilación se lleva a cabo principalmente con HF y las olefinas lineales, materia prima, las compran a otras empresas o se obtienen en la misma planta en procesos anteriores.

3.6.2. Reacciones de la alquilación

Las principales reacciones involucradas son:

- a. Reacción principal

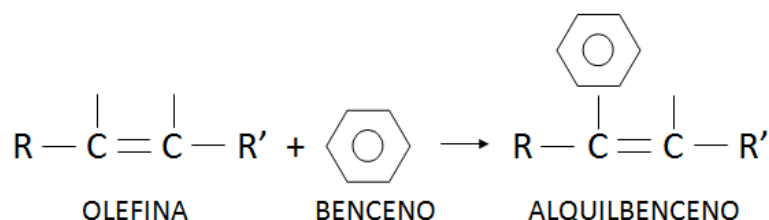


Figura 16. Reacción principal de alquilación

- b. Reacción secundaria

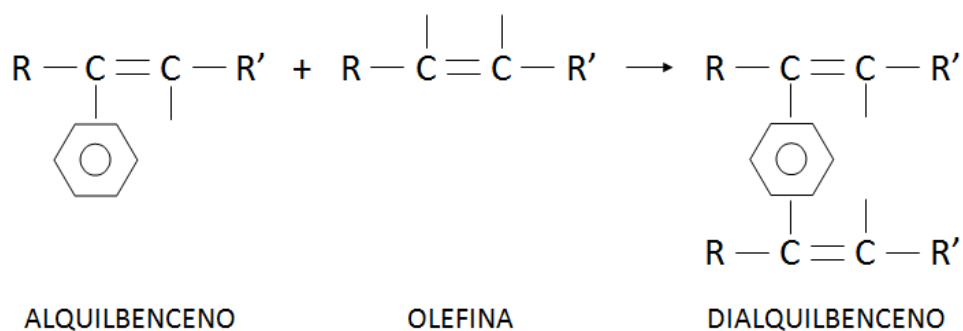


Figura 17. Reacción secundaria de alquilación

La reacción principal se lleva a cabo a través de un ión carbonio intermedio, creado sobre la olefina original por migración de los dos electrones del doble enlace. Es necesaria la actividad ácida del catalizador para generar el ión carbonio pues esta característica del catalizador hace posible la cesión de un protón a la cadena hidrocarbonada generando un carbocatión en la posición del doble enlace. Las corrientes de entrada y salida del proceso de alquilación global se observan en la Figura 18.

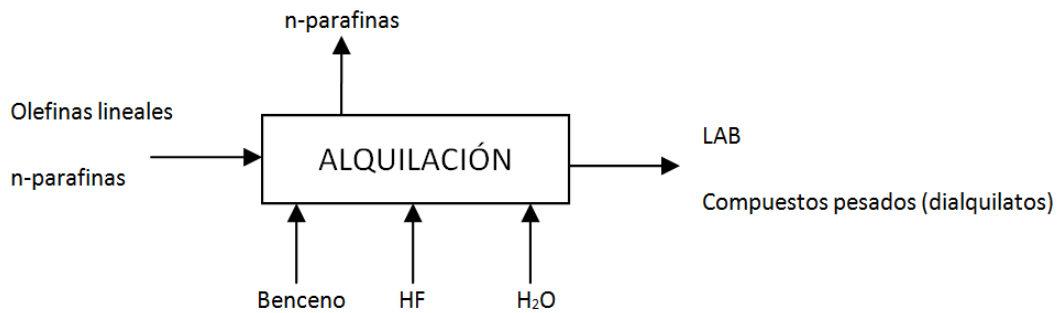


Figura 18. Esquema del proceso de alquilación

El proceso UOP, comercialmente más usado, utiliza como catalizador ácido fluorhídrico líquido que circula continuamente por el sistema. La pureza del catalizador se mantiene siempre alta gracias a un reactor posterior, torre regeneradora, ya que disuelve los alquilatos pesados. La actividad ácida se mantiene gracias al aporte de agua al proceso.

Las principales variables de operación son:

- Temperatura de reacción.
- Pureza del ácido. El catalizador se va degradando durante su circulación por el reactor arrastrando sustancias indeseables. Cuando la concentración disminuye del 99% al 89%, se extrae y se regenera para aumentar su concentración. Este proceso se lleva a cabo de forma continua, por lo que, a la vez que se va retirando ácido para regenerar se va inyectando ácido a la planta.
- Concentración de las olefinas
- Velocidad espacial de las olefinas. La calidad del alquilado viene caracterizada por el tiempo de contacto de las olefinas en el reactor.

La reacción de alquilación es fuertemente exotérmica 125.604 kJ/kg.

3.6.3. Equipos del proceso de alquilación

El proceso está formado por dos reactores de alquilación, dos separadores, una torre de regeneración, una torre de stripping de HF, una columna de benceno, una columna de parafinas y una columna de alquilatos detergentes. La disposición de los equipos se puede ver en la Figura 19. A continuación se muestra una breve descripción del proceso.

Al primer reactor de alquilación entran 4 corrientes formadas por:

- Olefinas lineales y n-parafinas proveniente del proceso PACOL.
- Benceno fresco y benceno reciclado.
- Agua.
- Ácido fluorhídrico fresco, reciclo de HF del primer separador y reciclo del segundo separador.

Del primer reactor de alquilación salen:

- Ácido e hidrocarburos dirigidos al primer separador.

En el primer separador se introduce la corriente de ácido e hidrocarburos de salida del primer reactor de alquilación con el objetivo de separar los hidrocarburos del ácido. La mayor parte del ácido se recicla al primer reactor de alquilación y el resto se lleva a la torre de regeneración de HF.

La salida de ácido del separador se lleva a la torre de regeneración donde el ácido se separa saliendo por cabeza de torre de los alquilatos pesados que salen por cola, los cuales anteriormente se han disuelto en él.

La fase de hidrocarburos salientes del primer separador son mezclados con más ácido, HF, en el segundo reactor. El efluente de este reactor se lleva a un segundo separador donde se vuelven a separar las fases de hidrocarburos y ácido. La mayor parte del ácido que sale del segundo separador se recicla al segundo reactor de alquilación y una pequeña fracción se destina a compensar la parte de ácido de salida del primer separador que se ha llevado a la torre de regeneración. El ácido recuperado en la torre y cerrando el circuito de ácido, es enviado la entrada del segundo reactor de alquilación.

Siguiendo con el camino de los hidrocarburos, la corriente obtenida en el segundo separador es introducida en el stripper, de donde se obtiene por cabeza todo el HF y parte de benceno junto con el vapor. La corriente de cabeza es recirculada a la sección de reacción y el producto de cola formado por hidrocarburos y benceno se mandan a la columna de benceno donde, por cabeza es eliminado todo el benceno. Esta corriente de benceno obtenida es tomada como corriente de reciclo y se introduce en la primera etapa del reactor.

La corriente de fondo formada por hidrocarburos obtenida en la columna de benceno es introducida en la columna de parafinas donde, las n-parafinas que no han reaccionado durante el proceso se recicla y se introduce de nuevo en el proceso PACOL. Los alquilatos obtenidos,

objetivo de la producción, junto con otros pesados son introducidos en la columna de alquilatos detergentes para conseguir la separación de los alquilbencenos lineales, LAB, requeridos. Los alquilatos pesados generalmente son usados como aditivos de aceites lubricantes o disolventes.

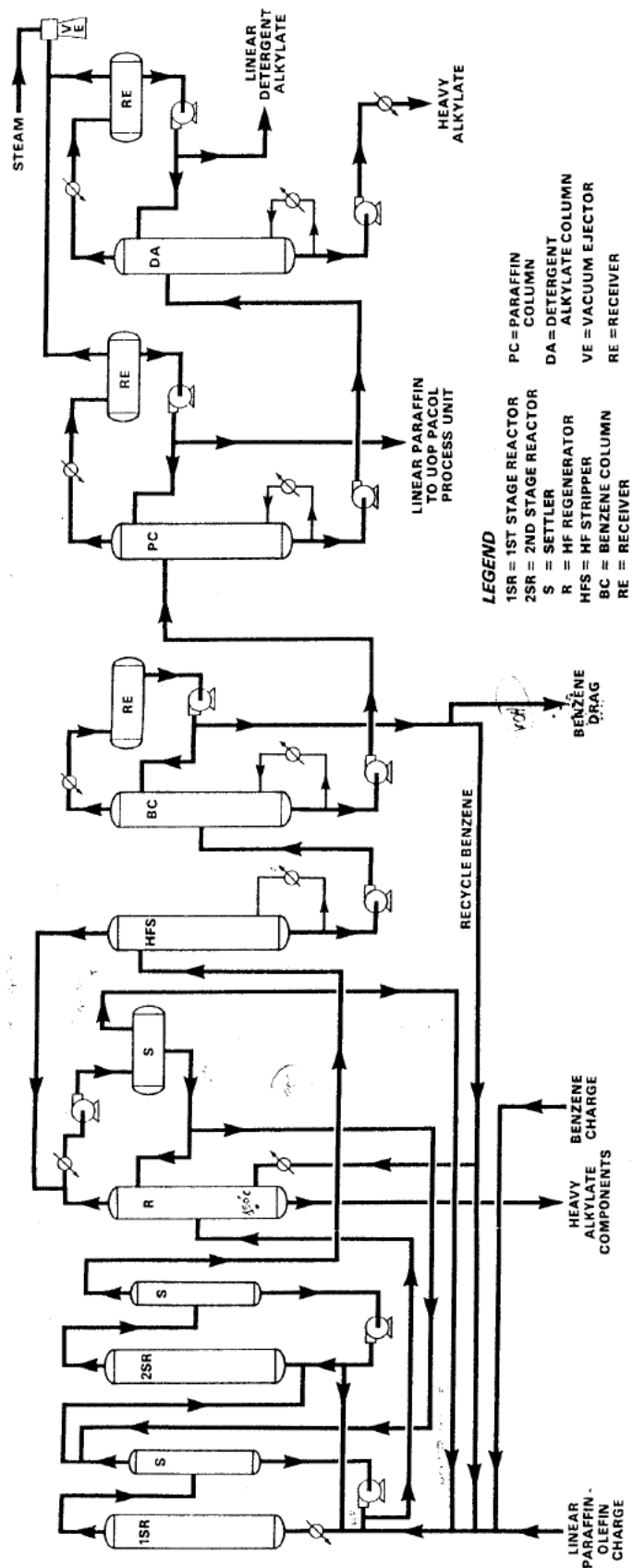


Figura 19. Disposición de equipos de la etapa de alquilación

3.6.4. Variables de diseño y proceso

Las principales variables a tener en cuenta son:

- Disposición de las tuberías

Es una variable de diseño muy importante a tener en cuenta ya que dependiendo de cómo sea la disposición de las tuberías y por lo tanto la mezcla de los reactivos antes de entrar al primer reactor, la operación será óptima o no.

Los objetivos principales de la disposición de las tuberías son:

- Mezclar las corrientes exentas de ácido antes de introducir el catalizador de HF. Esto favorece la dilución de las olefinas en el benceno y disminuye la formación de alquilbencenos.
- Mezclar las corrientes de hidrocarburos que ya contienen HF con las que no lo contienen para reducir la concentración de olefinas en el benceno. Esta mezcla debe realizarse antes del reactor de alquilación para que no se produzcan reacciones secundarias indeseables provocadas por la solubilidad de HF en los hidrocarburos.

El diseño de las tuberías es un proceso muy meticuloso tanto en la de mezcla de los reactivos y el catalizador como en el balance de ellos debido a que se tienen como restricciones los caudales aportados, la concentración de los reactivos y la presencia de impurezas.

- Relación HF/HIDROCARBUROS

La relación HF/HIDROCARBUROS es una variable de operación función de las olefinas, parafinas y del benceno introducidos en el proceso. Se trabaja con una relación HF/HIDROCARBUROS en volumen de 2 en la mayoría de las unidades de alquilación.

Aumentar la relación entre ambos compuestos, para un mismo tiempo, teóricamente hace disminuir la carga de hidrocarburos, por tanto hace aumentar el rendimiento del alquilato y disminuye la formación de fluoruros. Hasta ahora no se han demostrado mejores del rendimiento del alquilato aumentando esta relación.

Disminuir la relación significa disminuir la cantidad de HF introducido al sistema, pero no se corresponde a disminuir la cantidad de utilities necesarios para la circulación del catalizador. Por otro lado aumenta la cantidad de bromuros presentes en el producto final que indica mayor cantidad de olefinas sin reaccionar y la condensación de los anillos aromáticos.

- Relación BENCENO/OLEFINA

La relación BENCENO/OLEFINA es alta debido a que el benceno actúa como diluyente. El exceso es inerte y ayuda a mantener un perfil isotérmico en el reactor ya que absorbe el calor de la reacción.

También el hecho de que el benceno esté en exceso favorece a la selectividad de la reacción disminuyendo las reacciones secundarias y así la formación de subproductos innecesarios.

Generalmente el valor de la relación molar es de 10, teniendo en cuenta el gasto de utilities, energía de bombeo consumida, gastos en las columnas de separación, y la pérdida de rendimiento por la mayor formación de alquilbencenos y alquilatos pesados. Incrementar la relación por encima de 10 no tiene prácticamente efecto sobre la selectividad pero disminuirla tiene mayores consecuencias por una mayor formación de productos secundarios.

- Presión de operación

La presión y la temperatura de operación son moderadas debido que el catalizador de HF tiene buen carácter ácido.

La temperatura se fija en función de la selectividad y se impone un límite superior para evitar las reacciones de cracking, mientras que la presión no se fija por criterios cinéticos sino por la necesidad de mantener en fase líquida los reactivos, principalmente el ácido fluorhídrico.

La presión de diseño es de 4 bar pero se puede elevar hasta 6 kg/cm² dependiendo de las características de las cargas, la climatología y el ensuciamiento de los circuitos.

- Temperatura de la reacción

La temperatura de reacción en el primer reactor de alquilación se fija en torno a los 40°C y se puede considerar isotérmica debido al exceso de benceno pues hace que el reactivo limitante, olefinas lineales, estén muy diluidas. El segundo reactor opera a 60°C para poder eliminar las trazas de olefinas que no han reaccionado y disminuir la cantidad de bromuros. Debido a que la reacción es muy rápida, tiempo de residencia entorno a los 14 minutos, en el primer reactor reaccionan prácticamente todas las olefinas por lo que la variación de temperatura es mínima. Como se ha comentado anteriormente aunque la reacción sea exotérmica las reacciones se pueden considerar isotérmicas ya que el exceso de n-parafinas y benceno absorben el calor.

Trabajar a más de 60°C desemboca en reacciones de cracking y polimerización de las olefinas y como consecuencia en una disminución de la conversión a alquilatos.

En la Figura 20 se puede observar cómo evoluciona la concentración de bromuros del alquilato al aumentar la temperatura de reacción.

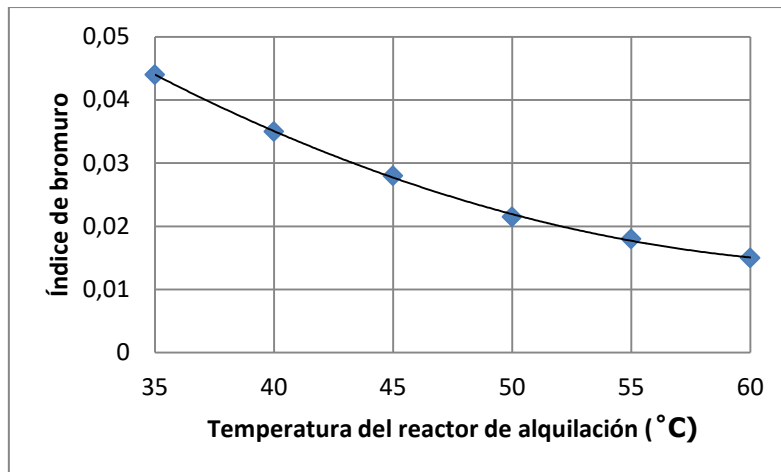


Figura 20. Evolución del índice de bromuro con la temperatura de alquilación

○ Relación ÁCIDO HF EN REGENERACIÓN/LAB PRODUCTO

El ácido HF tiene la capacidad de disolver algunos hidrocarburos aromáticos pesados, por ello, se necesita una columna de regeneración de HF donde se eliminan esos hidrocarburos aromáticos pesados. El efluente de ácido regenerado de la columna dependerá de la pureza con la que éste haya llegado a ella y afectará a la calidad final del producto. En la Figura 21 se muestra como varía el índice de bromuro frente a la relación ácido HF enviado a regeneración/LAB producido.

Habitualmente para controlar la calidad del producto final en las plantas se mantiene la relación de ácido HF enviado a regeneración/LAB producido entre 0,5 y 1. La pureza mínima requerida del HF es del 95%, del 5% restante un 0,5% (5.000 ppm) es agua y el resto hidrocarburos pesados.

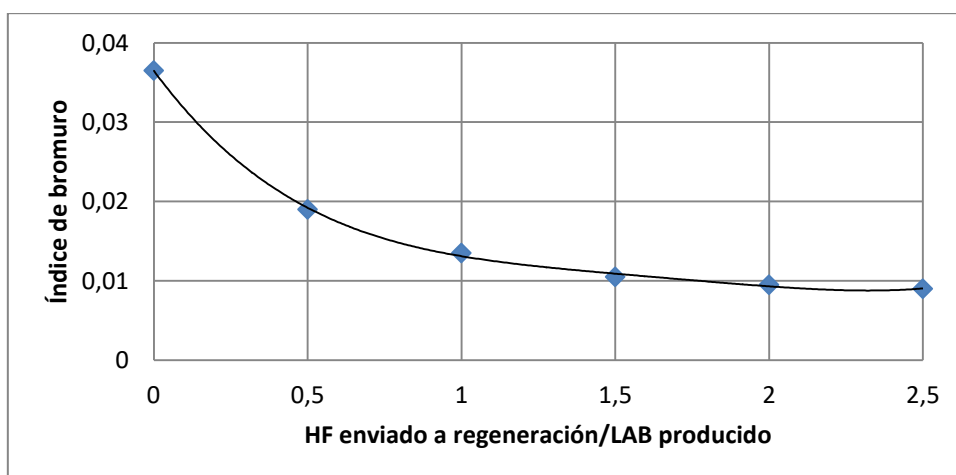


Figura 21. Evolución del índice de bromuro con la relación HF enviado a regeneración/LAB producido

- Inyecciones de agua

Como se ha comentado anteriormente, para mantener el carácter ácido del catalizador es necesaria la presencia de agua. El agua no actúa como un reactivo por lo que no afecta a la composición final del producto.

Para una buena separación de las dos fases por decantación es necesaria una concentración mínima del agua. Si esa concentración está por debajo del 1% en peso se incrementa el tiempo necesario para separar el ácido de los hidrocarburos. Si la concentración llega a ser excesivamente baja se necesitará mucho más tiempo, en torno a una semana, para asegurar la separación de ambas fases.

Normalmente los equipos de separación de ácido e hidrocarburos están diseñados para un 0,3% en peso de agua en el ácido. El hecho de superar el porcentaje en peso del agua en el ácido por encima de 0,5 para aumentar la velocidad de decantación provoca una mayor corrosión en los equipos en contacto con el ácido, por lo que, se llegaría a fugas ácido o roturas de equipos.

3.6.5. Descripción del proceso

1. Sección de reacción

La sección de reacción está compuesta por dos partes, la primera donde se produce la reacción de alquilación y una segunda donde ocurren las operaciones de separación, y por lo tanto, la recuperación de los reactivos no gastados.

Al primer reactor se le introducen por la parte inferior de la columna los reactivos en fase líquida y trabaja totalmente inundada. El efluente de este reactor se lleva al primer separador, que también trabaja lleno de líquido. Los hidrocarburos que salen por la parte superior de la columna se llevan al segundo reactor de alquilación, después al segundo separador y posteriormente al stripper de ácido HF y el ácido sale por el fondo. Del ácido de salida de los separadores la mayor parte se vuelve a introducir en ambos reactores y una pequeña parte se introduce en la columna regeneradora de ácido.

La presión del sistema se controla con un Presión Registrador Controlador (PRC) en la salida del segundo separador hacia el stripper de ácido HF.

Es importante saber que, la reacción se completa prácticamente antes de entrar el primer reactor y se puede considerar totalmente completa a la salida de éste. El objetivo del segundo reactor no es la propia reacción de los reactivos sino la reducción del índice de bromuro del producto final favoreciendo la alquilación de las trazas de olefinas que aún no han reaccionado.

2. Regenerador de HF

El objetivo de un regenerador de ácido es eliminar los compuestos insaturados pesados disueltos en el ácido, HF. El ácido regenerado sale por cabeza de la columna y los insaturados por cola.

La columna regeneradora es un stripper que usa vapor de benceno sobrecalentado introducido por la parte más baja de la columna. El benceno introducido es el reciclo de la columna de benceno y es vaporizado y sobrecalentado en un intercambiador de carcasa y tubos usando como fluido térmico aceite caliente. Está construida de Monel, aleación de níquel y cobre endurecible por precipitación que presenta alta resistencia a la corrosión y propiedades no magnéticas.

La columna está dividida en tres secciones. La sección de fondo es la sección de agotamiento y presenta seis platos, la sección central sirve como sección de flasheo y la superior como sección de reflujo. El flujo de alimentación de HF hacia la columna pasa por un intercambiador de calor encargado de vaporizar el ácido. Este intercambiador es un intercambiador de tubos en "U" y coraza de seis platos de la misma aleación que la columna. La temperatura que presenta el ácido está controlada entre 135°C y 149°C mediante una válvula de control para el suministro de vapor. También es importante mantener la temperatura en el lado de la coraza a 166°C o menos, para ello el vapor es saturado por inyección de condensado en la entrada de vapor y la presión de vapor no se permite que sea superior a 7 kg/cm². El condensado es revisado dos veces al día para evitar que se produzca daños por corrosión por ácido fugado en el haz de tubos y la coraza.

3. Stripper de HF

En el stripper se introducen los hidrocarburos que salen del segundo separador. El objetivo de este equipo es eliminar y recuperar el posible ácido disuelto en los hidrocarburos. Por el fondo de la columna salen hidrocarburos exentos de ácido pero contienen fluoruros, los cuales a elevada temperatura pueden transformarse en ácido fluorhídrico. Debido al control de la temperatura en todo el proceso la aparición de ácido fluorhídrico es prácticamente nula.

La alimentación al stripper se realiza por la parte superior. En ese punto se generan gases que unidos con los vapores de la columna son expulsados por cabeza. Estos vapores son enfriados en un tren de intercambiadores más un aerocondensador. El benceno y HF en fase líquida son bombeados al separador de HF, mientras que los gases no condensables son enviados al sistema de gases ácidos para su tratamiento y expulsión posterior al exterior. Los efluentes del separador de HF, benceno y HF, son reciclados a la sección de reacción.

La presión de operación en el stripper y en el regenerador de HF se controla con un PRC donde la variable manipulada es el flujo de aceite caliente al hervidor reboiler de la columna.

4. Columna de benceno

De forma similar al stripper de HF el objetivo de la columna de benceno es eliminar el benceno que va acompañando a los hidrocarburos más pesados para posteriormente reciclarlo a los reactores de alquilación.

Es cierto que el benceno que sale por cabeza para reciclar va acompañado por parafinas que no se han podido separar. Las parafinas no afectan a los reactores de alquilación bajando su rendimiento, al contrario, actúan como moderadoras y favorecen el proceso. Aún así la corriente es tratada con KOH sólido para eliminar trazas de ácido que pudiese haber arrastrado el benceno.

Los compuestos que salen por cola de la columna de benceno, parafina más benceno y alquilato junto con productos pesados, son enviados a la columna de parafinas. El hecho de que la parafina a la salida vaya acompañada de benceno significa que parte del benceno es perdido y se introduce de nuevo en el proceso PACOL junto con las parafinas.

5. Columna de parafina

La alimentación de la columna de parafinas está formada por parafinas más benceno, alquilatos y productos pesados. La operación se lleva a cabo a vacío mediante un eyector conectado al botellón de reflujo. El efluente por cabeza, n-parafinas, son recirculadas a la alimentación de la unidad PACOL después de haber sido tratadas con alúmina para la eliminación de fluoruros combinados. Por cola salen el alquilato y los productos pesados.

La temperatura del último plato controla la energía que es necesaria para la destilación de las n-parafinas, además de ser un indicador de la pureza del producto que sale por cabeza.

Las trazas de alquilatos que pudiesen ser arrastradas por las n-parafinas tienen tendencia a formar coque en el catalizador de la unidad PACOL desactivando de forma más rápida su acción.

6. Tratamiento con alúmina

Las n-parafinas provenientes de la columna de parafinas van acompañadas con benceno y fluoruros combinados. El benceno no es perjudicial para el proceso pero los fluoruros si lo son y es necesario eliminarlos. Para ello, antes de mezclar la corriente con la alimentación fresca de la unidad PACOL se hace pasar dicha corriente por dos lechos fijos de alúmina dispuestos en serie. Los fluoruros a su paso se transforman en fluoruros de alúmina, y la corriente efluente de n-parafinas sale con menos de 1ppm de fluoruros.

La eliminación de los fluoruros es un aspecto muy importante por lo que se coloca un lecho de caliza como sistema de seguridad. El objetivo del lecho de caliza es neutralizar las trazas de ácido libre que estuvieran presentes en la corriente. En el proceso se necesita una temperatura de 220°C para que se produzca un tratamiento efectivo, esa temperatura se consigue mediante un tren de intercambiadores de calor que recuperan energía de la corriente de salida, ajustando finalmente al valor requerido con aceite térmico.

7. Columna de alquilatos detergentes

Se trabaja en una columna llamada Rerun donde la operación consiste en una etapa final de destilación que se lleva a cabo a vacío. Normalmente la columna lleva en su interior en la parte superior instalado un condensador de contacto para condensar los vapores suben por la columna.

Como efluentes se obtiene una corriente con el alquilato base para detergentes y otra corriente formada por productos pesados y alquilato pesado. Parte del alquilato obtenido cuando aún está caliente es introducido de nuevo en el primer plato de la columna, actuando como reflujo, y le resto ya frío se envía a almacenamiento.

Los alquilatos pesados que salen por fondos de la columna contienen un pequeño porcentaje de LAB, normalmente un 10%. Esta pérdida es aceptada pues permite cumplir con la especificación del índice de bromuro del producto final.

3.6.6. Ventajas del uso de HF como catalizador

Una de las principales ventajas en el uso de HF es que se usa aproximadamente de 200 a 300 veces menos ácido que en el uso de H_2SO_4 . Esto es importante en cuanto al transporte y sistemas de seguridad cuando son cantidades muy grandes. También el HF se regenera dentro de la refinería mientras que el ácido sulfúrico se envía fuera de la refinería para su regeneración.

Las ventajas de la alquilación con ácido fluorhídrico son:

- Circulación de catalizador sin el uso de bombas a alta presión.
- Muy bajo consumo de catalizador.
- Química del proceso estable para rendimientos máximos de alquilado.
- Bajas temperaturas de reacción que no requieren refrigeración.
- Excelente operatividad del sistema.
- Uso de energía eficiente.
- Reducción de costos por residuos que afectan al medio ambiente debido a su eliminación.
- Personal de operación mínimo.

3.6.7. Tratamiento y control de efluentes

El volumen de residuos obtenido es bajo, pero es necesario tratarlo por el peligro que genera trabajar con HF. Existen diferentes procedimientos para prevenir problemas con los residuos y evitar fugas de HF, a continuación se explican algunos de ellos:

❖ Tratamiento de gases.

- Gases no ácidos: gases procedentes de hidrocarburos no ácidos, hidrocarburos que aún no han estado en contacto con HF, son expulsados por las antorchas.
- Gases ácidos: gases que contengan ácido se envían a recipientes donde se recupere el líquido que lleve arrastrado. El líquido recuperado es fraccionado o neutralizado posteriormente. Los gases ácidos secos se tratan en la sección de “scrubbing” donde se neutralizan con KOH. Igualmente los gases ya neutralizados son expulsados al exterior.

❖ Tratamientos de líquidos.

- Residuos acuosos: Existen dos corrientes de residuos acuosos, una ácida y otra no ácida. Cada corriente es recogida por un sistema de alcantarillado independiente. Las aguas pluviales que caigan sobre superficies donde se manipule HF se consideran corrientes ácidas.
- Corrientes no ácidas: se pueden unir a las aguas residuales de una refinería ya que están libres de contaminantes.
- Corrientes con posible contaminación por ácido: son neutralizadas en balsas donde el HF y los fluoruros son transformados a fluoruro cálcico. El fluoruro cálcico es inerte y fácil de separar de la corriente pues es muy poco soluble. El agua de lluvia de la zona de ácido y agua de lavado contaminada con hidrocarburos pesados ya libres de ácido y fluoruros se une a las aguas residuales de la refinería.
- Fondos del regenerador de HF: la corriente es separada en dos subcorrientes, una de hidrocarburos que se quema y el ácido que se envía a una balsa de neutralización.

❖ Tratamiento de sólidos.

- Sólidos de las balsas de neutralización: se acumula fluoruro cálcico y cal no reaccionada. Los sólidos son retirados mediante camiones a vacío que remueven los fangos del fondo de las balsas.
- Tratamiento de residuos sólidos aluminicos: son originados cuando el fluoruro de las corrientes es eliminado sobre alúmina activada. La alúmina activada con el tiempo pierde su capacidad, actuando como inerte, y es necesario reponerla.

4. ANÁLISIS ECONÓMICO

En este apartado se realiza un presupuesto aproximado de los costes de inversión de los equipos, teniendo en cuenta las etapas descritas anteriormente para realizar los cálculos, y los costes de materia prima. Para ello se tienen como datos todos los caudales de entrada y salida de cada equipo así como diferentes características del proceso, como tiempo de residencia en los reactores. Los caudales de entrada y salida de cada de equipo están especificados en el Anexo 1.

La realización del análisis económico se ha realizado usando el método de Guthrie, uno de los métodos más ampliamente utilizados para realizar este tipo de estimaciones. Guthrie plantea factores de ajuste e índices de costo que se aplican al costo base del equipo. El método implica la estimación de un costo base en función de alguna dimensión o característica del equipo. El costo base conlleva la utilización de acero al carbono como material de construcción, una geometría base del equipo y una presión de operación moderada.

4.1. Costes de equipos

Los precios de los equipos han sido estimados a partir de documentos de estimación de costes de equipos y de presupuestos de otros proyectos en los que intervienen equipos similares.

En la Tabla 4 se muestran los precios de los equipos.

Tabla 4. Coste equipos

	Precio unitario	Cantidad	Precio total
Reactor de alquilación	115.000 €	2	230.000 €
Separador HF	108.910 €	2	217.820 €
Unidad Unifining	35.000 €	1	35.000 €
Unidad Molex	125.283 €	1	125.283 €
Unidad Pacol	45.000 €	1	45.000 €
Unidad Define	35.765 €	1	35.765 €
Stripper HF	100.500 €	1	100.500 €
Regenerador HF	54.133 €	1	54.133 €
Neutralizador HF	20.147 €	1	20.147 €
Columna de benceno	108.910 €	1	108.910 €
Columna de parafina	335.500 €	1	335.500 €
Columna de LAB	350.450 €	1	350.450 €
		TOTAL	1.434.598 €

4.2. Costes de inversión

El objetivo de este apartado es mostrar una estimación del coste total de inversión, CIT. El CIT es la suma de los costes fijos, los costes de arranque y el capital circulante.

Los cálculos se van a realizar usando el Método de Guthrie, donde los costes fijos son:

$$CF = C_{TBM} + C_{Terrenos} + C_{Edificios} + C_{servicios} + C_{Contingencias} + C_{Honorarios}$$

C_{TBM} se define como “coste de módulo desnudo total” y engloba los costes directos e indirectos involucrados en la instalación de cada equipo.

Para estimar los costes de terreno, edificios, servicios, contingencias y honorarios se usan unas aproximaciones en función del C_{TBM} . En la Tabla 5 se recogen los porcentajes del C_{TBM} que corresponden a los costes buscados.

Tabla 5. Porcentaje de módulo desnudo para cada coste

	% C_{TBM}
Costes de terreno	30
Costes de edificios	18
Costes de servicios	25
Costes de contingencias	44
Costes de honorarios	22

Los costes fijos quedan:

$$CF = 2,39 * C_{TBM}$$

Por otro lado, el coste de módulo desnudo total es la suma del coste de cada equipo por el factor de Lang correspondiente. Para equipos en los que no se ha encontrado el factor de Lang se tiene en cuenta su precio de compra. En la Tabla 6 se recoge el factor de Lang para cada equipo.

$$C_{TBM} = \sum F_{Langi} * C_i$$

Tabla 6. Factor de Lang para cada equipo

Equipos	Factor de Lang
Reactor	4,16
Separador HF	2,45
Unidad Define	4,16
Unidad Pacol	4,16
Unidad Molex	4,16
Unidad Unifining	4,1

$$C_{TBM} = 4,16*230.000 + 2,45*217.820 + 4,1*35.000 + 4,16*125.283 + 4,16*45.000 + 4,16 * 35.765 + 100.500 + 54.133 + 20.147 + 108.910 + 335.500 + 350.450 = 3.460.758,68 \text{ €}$$

Los costes fijos quedan:

$$CF = 2,39 * 3.540.735,98 = 8.271.213 \text{ €}$$

Los costes de arranque se suponen un 10% del capital fijo.

$$C_{Arranque} = 8.462.359 * 0,1 = 827.121,3 \text{ €}$$

El coste total de inversión queda como la suma de los costes fijos, los costes de arranque y el capital circulante. El capital circulante se ha estimado como un 15% del coste total de inversión:

$$CC = 1.605.558,4 \text{ €}$$

$$CIT = CF + C_{Arranque} + CC = 10.703.922,7 \text{ €}$$

4.3. Costes de producción

Los costes de producción son la suma de los costes de materias primas y servicios, costes variables, y de los gastos generales, de personal, impuestos, costes fijos.

Debido a la falta de información los costes de producción se van a estimar como la suma del coste de electricidad anual y los costes de materias primas.

El precio de la electricidad se ha calculado considerando el precio de 0,11781 €/kWh y estimando que la planta va a consumir 140.000 kW [30] funcionando un total de 8.000 h/año [31]. El precio de la electricidad se ha tomado del coste actual de endesa y el consumo de la

planta está basado en el de una planta de producción de alquilbenceno lineal de similar producción.

$$C_{\text{Electricidad}} = 131,9 \text{ M€}$$

Los precios de las materias primas se han tomado de valores actuales así como el precio de venta del alquilbenceno lineal.

Los costes de las materias primas vienen recogidos en la Tabla 7.

Tabla 7. Coste materias primas

Materia prima	Coste unitario (€/t)	Cantidad anual (t)	Coste total anual (M€)
Queroseno	307,5	1.412.887,65	434,46
Benceno	735	130.469,64	96
Hidrógeno	48.900	2.460	120,3
HF	63	85.831,44	5,4
		TOTAL	656,2

$$C_{\text{Materia prima}} = 656,2 \text{ M€}$$

Sumando el coste de electricidad y de las materias primas se obtiene el coste total de producción:

$$C_{\text{Producción}} = 131,9 + 656,2 = 788.1 \text{ M€}$$

4.4. Ventas

Los ingresos obtenidos serían de la venta del alquilbenceno lineal, LAB. Actualmente el precio de venta es de 3.120 €/t. Sabiendo que la producción es de 260.000 t/año.

$$\text{Ventas} = 260.000 * 3.462 = 900 \text{ M€}$$

Para estudiar la viabilidad de la inversión se supone que la planta no obtiene el total de la producción hasta el tercer año de funcionamiento, siguiendo la evolución siguiente por año:

$$1^{\text{er}} \text{ año} = 250 \text{ M€}$$

$$2^{\text{o}} \text{ año} = 650 \text{ M€}$$

$$3^{\text{er}} \text{ año} = 900 \text{ M€}$$

4.5. Cálculo de los índices de rentabilidad

4.5.1. Cálculo del Flujo Neto de Caja

El flujo neto de caja es la suma de todos los ingresos menos los gastos.

$$\text{FLUJO NETO DE CAJA} = \text{INGRESOS} - \text{GASTOS} = \text{VENTAS} - \text{COSTES DE PRODUCCIÓN} - \text{IMPUESTOS} - \text{INVERSIONES}$$

En primer lugar es necesario calcular el beneficio bruto, BB, diferencia entre las ventas y el coste total de la producción.

Restándole al beneficio bruto la depreciación de los equipos se obtiene el beneficio neto antes de impuestos, BNAI, para posteriormente descontar los impuestos, obteniendo el beneficio neto después de impuestos, BNDI. Por último, el flujo neto de caja es la suma del BNDI y la depreciación.

Como el objetivo del proyecto es la realización de una aproximación de la rentabilidad del proceso, la amortización de los equipos se va a tomar lineal y los costes de producción y las ventas serán constantes, así los flujos de caja para cada año serán iguales. En la Tabla 8 se muestra un resumen de cada uno de los cálculos realizados para obtener el flujo neto de caja, por otro lado, muestra hasta el año 10 pero la vida útil de la planta se estima para 25 años por lo que el FNC desde el año 10 al 25 será el mismo que para años anteriores.

Tabla 8. Flujo Neto de Caja

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VENTAS		250,00	650,00	900,00	900,00	900,00	900,00	900,00	900,00	900,00	900,00
TOTAL COSTES		788,1	788,1	788,1	788,1	788,1	788,1	788,1	788,1	788,1	788,1
INVERSION	10,70										
BB	-10,70	-538,10	-138,10	111,90	111,90	111,90	111,90	111,90	111,90	111,90	111,90
Depreciación		0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
BNAI	-10,70	-538,54	-138,54	111,46	111,46	111,46	111,46	111,46	111,46	111,46	111,46
Impuestos		-161,56	-41,56	33,44	33,44	33,44	33,44	33,44	33,44	33,44	33,44
BNDI	-10,70	-376,98	-96,98	78,02	78,02	78,02	78,02	78,02	78,02	78,02	78,02
FNC	-10,70	-376,54	-96,54	78,46	78,46	78,46	78,46	78,46	78,46	78,46	78,46

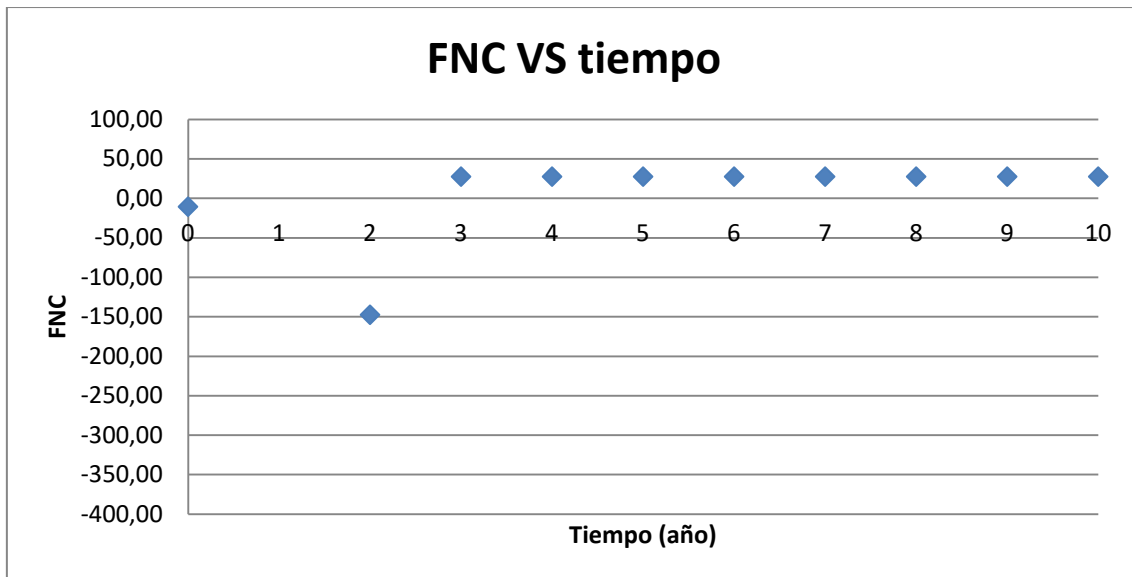


Figura 22. Evolución del flujo de caja con el tiempo

4.5.2. Cálculo del VAN

El valor actual neto, VAN, representa los fondos generados por el proyecto por encima de la rentabilidad mínima exigida, después de recuperar la inversión inicial. Se calcula sumando los valores actualizados de los flujos netos de caja, si el valor es positivo el proceso es rentable, es decir, se obtienen beneficios.

$$VAN = -A + \sum_{n=0}^N \frac{FC_n}{(1-i)^n}$$

Siendo A la inversión inicial, n el año e i la tasa interna de rentabilidad. La tasa interna se supone de un valor del 15%

$$VAN = -10,70 + \sum_{n=0}^N \frac{FC_n}{(1-0,15)^n}$$

VAN = 29.104

Como se puede observar el valor del VAN es positivo, por lo que la empresa obtendría beneficios si acepta el proyecto.

4.5.3. Cálculo del TIR

La tasa interna de rentabilidad es la tasa a la que el dinero remanente en un proyecto crece. Matemáticamente es la tasa interna de rentabilidad que hace el VAN cero.

$$0 = -A + \sum_{n=0}^N \frac{FC_n}{(1 - TIR)^n}$$

TIR = 14%

4.5.4. Cálculo del Payback

El PB es el tiempo requerido, después del arranque para recuperar la inversión inicial. Se calcula viendo el año en el que se hace el VAN igual a cero.

En este caso PB = 16,5 años.

4.6. Estudio de la variación del VAN y TIR respecto al precio de materias primas y producto

En los apartados siguientes se va a analizar cómo afectaría una subida del precio de venta del alquilbenceno lineal al VAN y al TIR así como una subida del precio de la materia prima, queroseno.

4.6.1. Variación del VAN y TIR respecto al precio del LAB

Como se puede observar en la Tabla 9, si aumentase el precio de venta del producto final sería beneficioso. Bajarlo haría que le TIR bajase demasiado y el proceso no tuviese la rentabilidad suficiente.

Tabla 9. Variación VAN y TIR en función del precio del LAB

Precio LAB	VAN	TIR
3300	17978,46	8
3462	29104	14
3600	38640,14	18
3800	52414,59	24
4000	66189,05	29

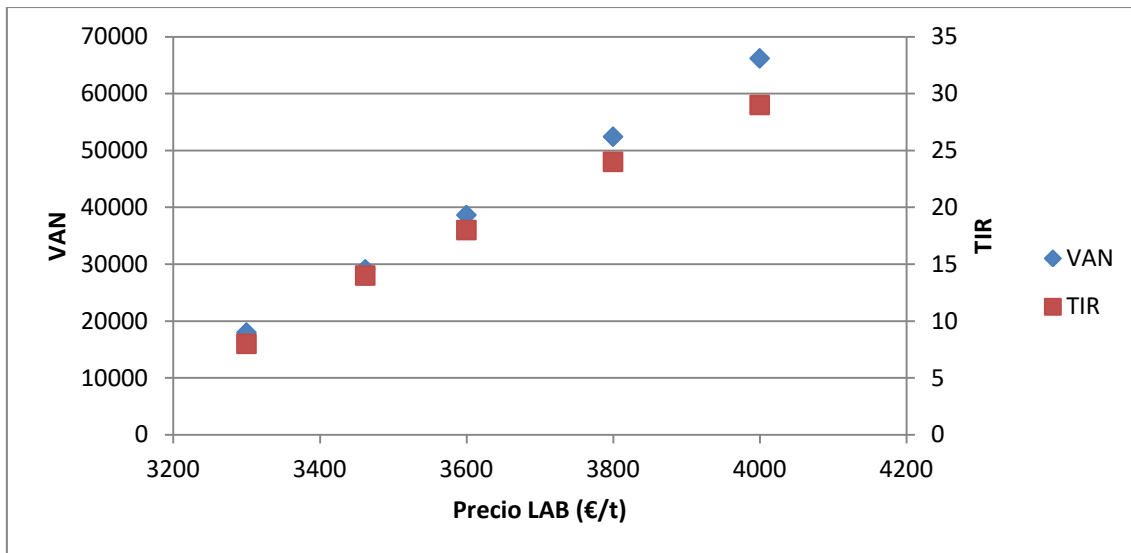


Figura 23. Variación VAN y TIR respecto precio del LAB

4.6.2. Variación del VAN y TIR respecto al precio del Queroseno

En este caso al aumentar el precio de compra del queroseno los beneficios del proceso irían progresivamente a menos llegando al punto de no ser aceptable el proceso de producción.

Tabla 10. Variación VAN y TIR en función del precio del queroseno

Precio queroseno	VAN	TIR
300	29248	14
307,5	29104	14
320	24597	11
340	17129,8	6
360	9662,6	1

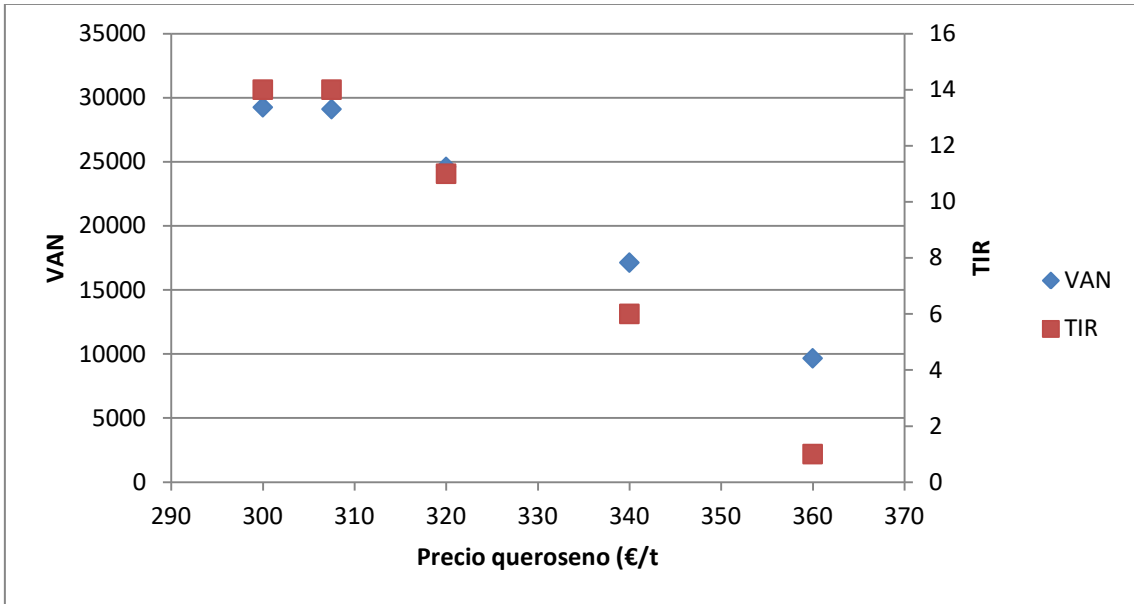


Figura 24. Variación VAN y TIR respecto precio del queroseno

5. CONCLUSIONES

El fin del proyecto era describir el proceso de producción de alquilbenceno lineal, así como hacer un análisis económico de su inversión.

Estudiando los procesos que se llevan a cabo en cada etapa, como hidrogenación, alquilación y operaciones de separación de distintos componentes en columnas, se llega a que la conversión de la materia prima alimentada, olefinas lineales en este caso al reactor, es prácticamente total en el primer reactor de alquilación. El segundo reactor de alquilación se tiene como prevención en el caso de fallo del primer reactor o alteraciones en la composición de la materia prima. Esto solucionaría la no reacción total de las olefinas en el primer reactor para así no alterar la composición, calidad del producto final y producción continua de éste. Teniendo en cuenta también que sirve de utilidad para disminuir el índice de bromuro a la salida.

Para realizar el análisis económico se han tenido en cuenta los equipos principales de la planta, por lo que la estimación de los costes totales de equipos no es exacta. Así mismo, para el cálculo de los costes totales de inversión, costes fijos, de arranque y capital circulante se han hecho aproximaciones. También para obtener los costes de producción únicamente se han tenido en cuenta los costes de las materias primas y los gastos de electricidad como costes generales.

Con todo ello y observando los resultados obtenidos de los índices de rentabilidad se deduce que con un VAN y un TIR positivos el proceso es viable. Los beneficios no son muy altos ya que el valor del VAN no es demasiado alto y el TIR se ajusta al valor de la tasa interna de rentabilidad impuesta. Por otro lado, el payback es alto y por ello se estima que se tarda mucho tiempo en recuperar la inversión inicial.

Finalmente, estos resultados se han podido ver afectados por las aproximaciones realizadas en el análisis económico.

ANEXO 1. BALANCE DE MATERIA

En la Figura 25 se muestran cada uno de los equipos que intervienen en el balance de materia para a continuación tratar cada equipo por separado.

El balance de materia de cada equipo permite conocer los caudales de entrada y de salida que serían necesarios para el diseño de ellos y así poder dimensionar la planta completa.

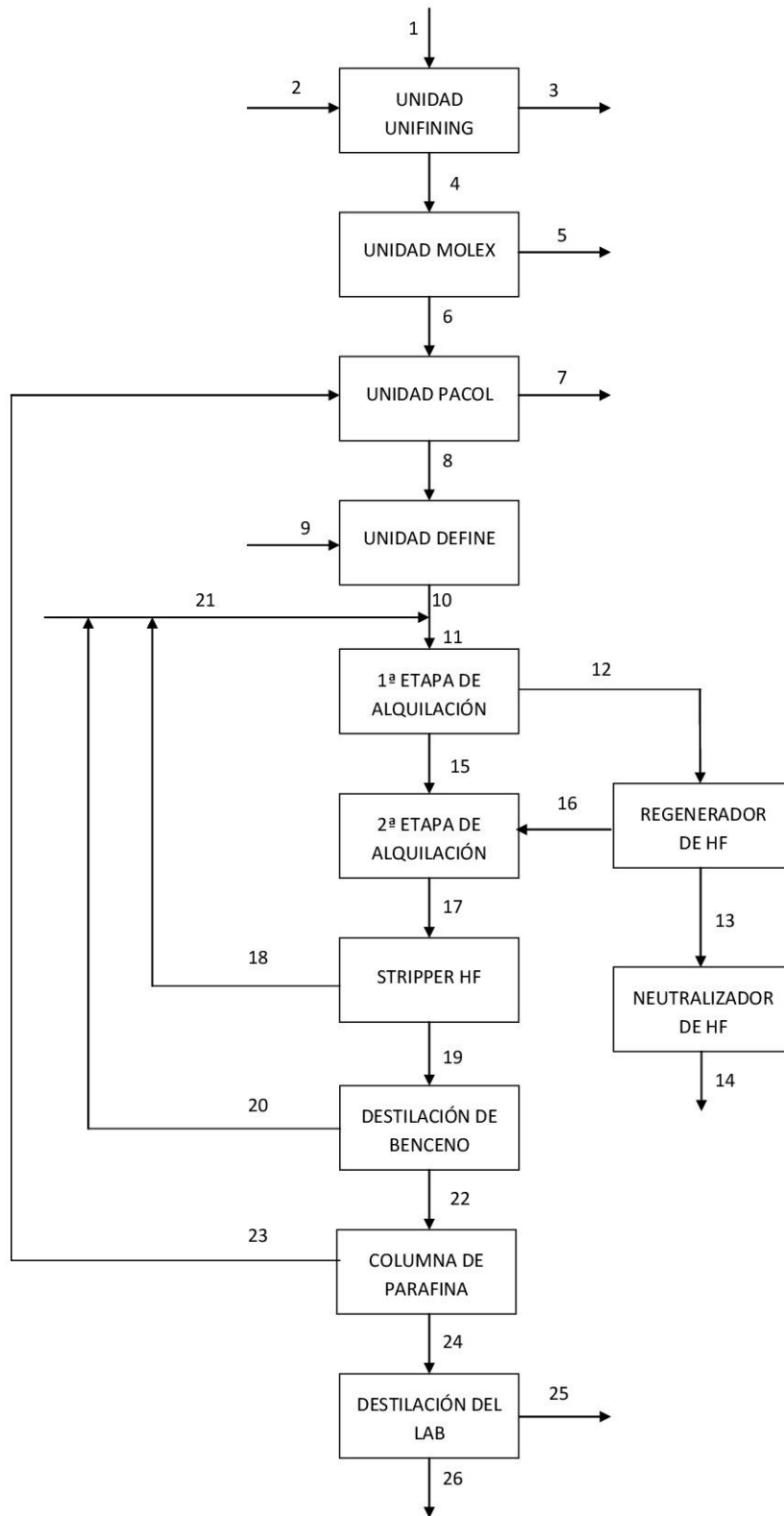


Figura 25. Esquema del proceso de alquilación

- *Etapa de destilación del LAB*

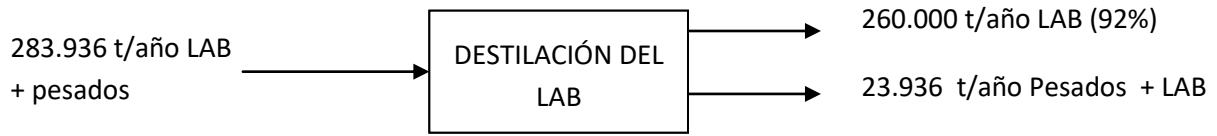


Figura 26. Destilación LAB

- *Columna de parafina*



Figura 27. Columna de parafina

- *Destilación de benceno*

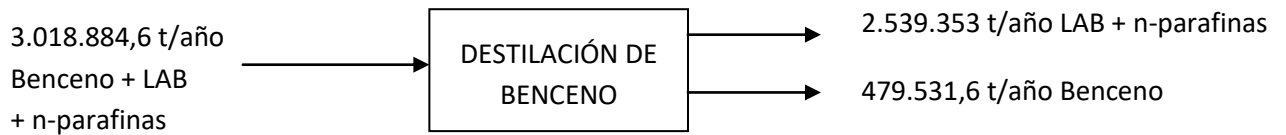


Figura 28. Destilación de benceno

- *Stripper HF*

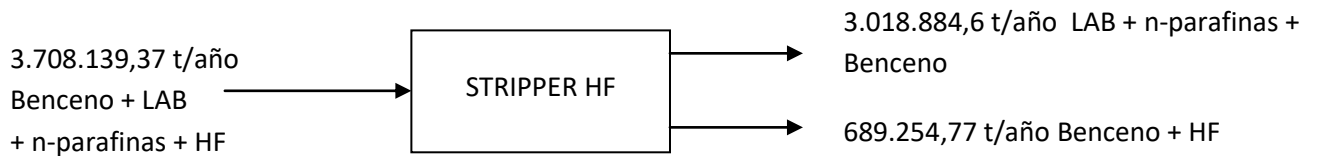


Figura 29. Stripper de HF

- 2ª Etapa de Alquilación

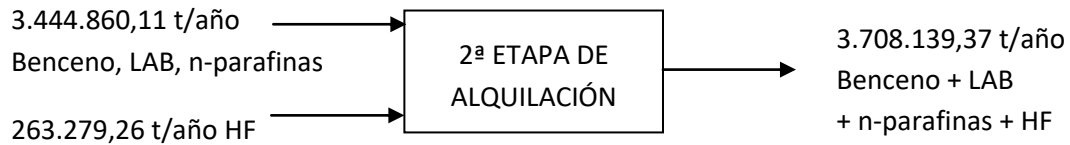


Figura 30. 2ª Etapa de alquilación

- 1ª Etapa de Alquilación

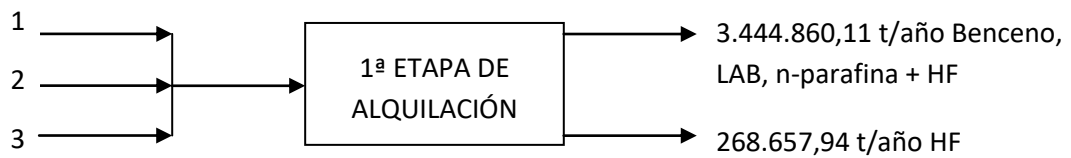


Figura 31. 1ª Etapa de alquilación

1. 479.531,6 t/año Columna de benceno + 564.160,56 t/año Stripper HF = 1.043.692,16 t/año.
2. 130.469,64 t/año Benceno fresco + 85.831,44 t/año HF fresco + 2.592.249,35 t/año Parafinas + Olefinas
3. $0,3 \cdot 2.592.249,35$ t/año hidrocarburos = 777.674,8 t/año

- Regenerador de HF + Neutralizador de HF

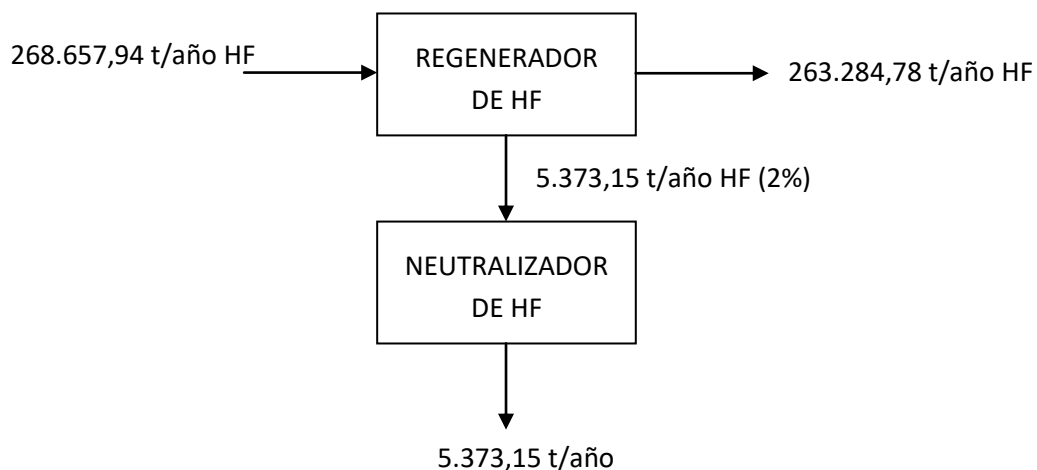


Figura 32. Regenerador y neutralizador de HF

- *Unidad Define*

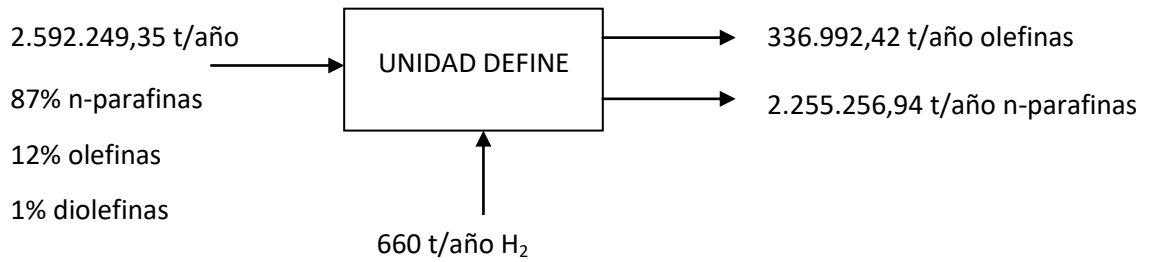


Figura 33. Unidad Define

- *Unidad Pacol*

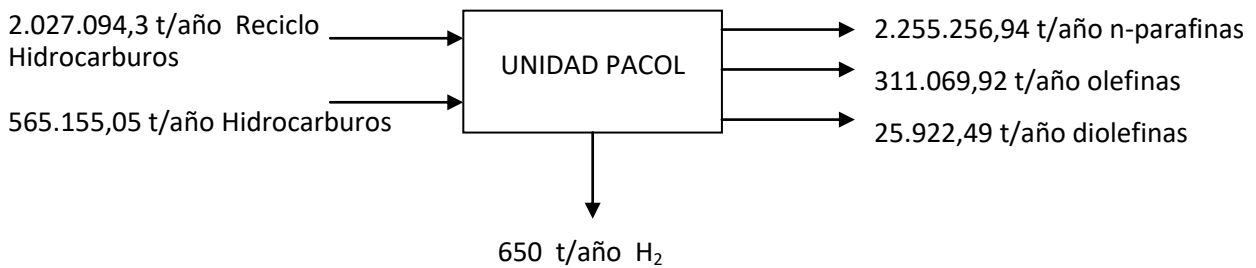


Figura 34. Unidad Pacol

- *Unidad Molex*

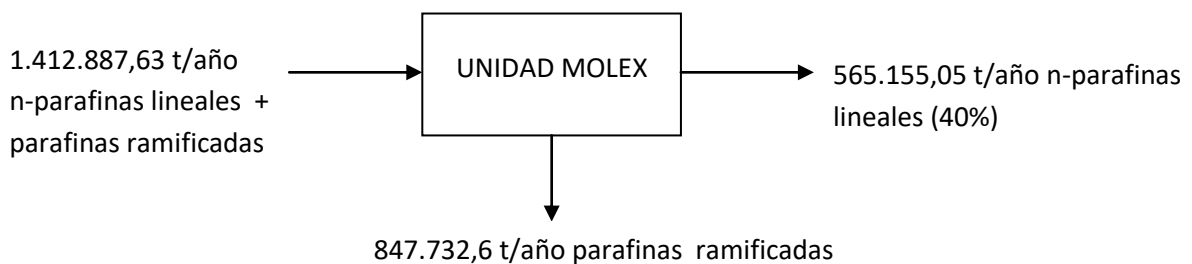


Figura 35. Unidad Molex

- *Proceso Unifining*

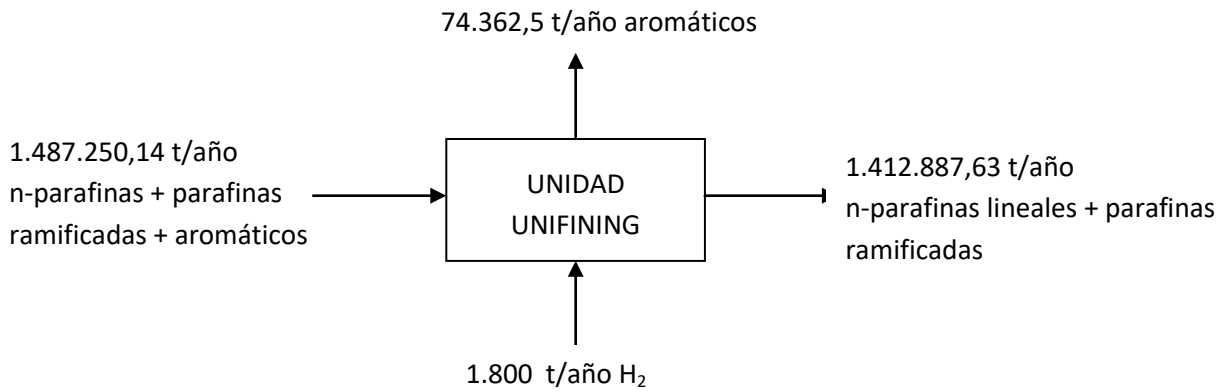


Figura 36. Unidad Unifining

La mezcla de hidrocarburos introducidos en la Unidad Unifining presenta las siguientes características:

- Punto de fusión entre 50 y 80°C.
- Contenido en aceite: menor del 0,5%.
- Azufre entre 30 y 4.000 ppm. No debe exceder el 0,125%.

La composición del queroseno de alimentación se muestra en la Tabla 9.

Tabla 11. Composición del queroseno de alimentación

Hidrógeno	16%
Carbono	83,5%
Azufre	0,1%
Aceite	0,4 %

Tabla 12. Resumen balance de materia

Compuesto Corriente	n-parafinas lineales	n-parafinas ramificadas	Olefinas	Diiolefinas	HF	Benceno	H ₂	LAB	Alquilatos pesados	Aromáticos	H ₂ O
1	565.155,05	847.732,6	-	-	-	-	-	-	-	74.362,5	-
2	-	-	-	-	-	-	1.800	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	74.362,5	-
4	565.155,05	847.732,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	847.732,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	565.155,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	650	-	-	-	-
8	2.255.256,94	-	311.069,92	25.992,49	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	660	-	-	-	-
10	2.255.256,94	-	336.992,42	-	-	-	-	-	-	-	-
11	2.255.256,94	-	336.992,42	-	649.992	610.001,24	-	-	-	-	777.674,8
12	-	-	-	-	268.657,94	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	5.373,15	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	5.373,15	-	-	-	-	-	-
15	2.255.256,94	-	-	-	301.084,42	604.625,8	-	261.218,69	22.668,74	-	-
16	-	-	-	-	263.284,78	-	-	-	-	-	-
17	2.255.256,94	-	-	-	564.369,2	604.625,8	-	261.218,69	22.668,74	-	-
18	-	-	-	-	564.369,2	125.094,2	-	-	-	-	-
19	2.255.256,94	-	-	-	-	479.531,6	-	261.218,69	22.668,74	-	-
20	-	-	-	-	-	479.531,6	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	649.992	610.001,24	-	-	-	-	777.674,8
22	2.255.256,94	-	-	-	-	-	-	261.218,69	22.668,74	-	-
23	2.027.094,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	-	-	-	-	-	-	-	261.218,69	-	-	-
25	-	-	-	-	-	-	-	1.218,69	22.668,74	-	-
26	-	-	-	-	-	-	-	260.000	-	-	-

ANEXO 2. FICHA TÉCNICA LAB

	PRODUCTO:		
	LINEAL ALQUILBENCENO		
Nº FISPQ: DT-0001	REVISIÓN: 06	FECHA: 18/12/2013	PÁGINA: 1/ 10

FICHA DE INFORMACIÓN DE SEGURIDAD DE PRODUCTOS QUÍMICOS

1. IDENTIFICACIÓN

Nombre de la sustancia o de la mezcla (nombre comercial):	Lineal Alquilbenceno
Código interno de identificación del producto:	DetenLAB®240
Principales usos recomendados de la sustancia o de la mezcla:	Intermediario petroquímico básico para producir Ácido Lineal Alquilbenceno Sulfónico – LAS, que es el tensioactivo más utilizado en el mundo en la formulación de detergentes líquidos y en polvo.
Nombre de la compañía:	Deten Química S.A.
Dirección:	Rua Hidrogênio, 1744 - Polo Industrial de Camaçari. Camaçari - Bahia. CEP: 42810-010.
Teléfono para contacto:	+55 71 3634-3207 / 3208
Teléfono para emergencias:	+55 71 3634-3333 / 0800-284-8474
Fax:	+55 71 3634-5155
E-mail:	fala@deten.com.br / comercial@deten.com.br

2. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

Clasificación de la sustancia o de la mezcla:

Peligroso por aspiración:	Categoría 1
----------------------------------	-------------

Elementos del rótulo del GHS:

Pictogramas:



Palabra de advertencia:

Peligro

Frasas de peligro:

Puede ser mortal en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias.
--

Frasas de precaución:

EN CASO DE INGESTIÓN: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA o a un médico.
--

	PRODUCTO:		
	LINEAL ALQUILBENCENO		
Nº FISPQ: DT-0001	REVISIÓN: 06	FECHA: 18/12/2013	PÁGINA: 2/ 10

FICHA DE INFORMACIÓN DE SEGURIDAD DE PRODUCTOS QUÍMICOS

Otros peligros que no conducen a una clasificación:

No aplicable

3. COMPOSICIÓN E INFORMACIÓN ACERCA DE LOS INGREDIENTES

MEZCLA

Nombre químico común o técnico: Lineal Alquibenceno

Ingredientes ou impurezas que contribuan para o perigo:

Nombre químico o común	Número de registro CAS	Concentración o franja de concentración
Benceno C ₁₀₋₁₃ - alquil derivados.	67774-74-7	99,9%

4. MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

Medidas de primeros auxilios:

Inhalación:	<p>Llevar la víctima al exterior y mantenerla en reposo en una posición confortable para respirar.</p> <p>Si no hay respiración, ésta es irregular u ocurre un paro respiratorio, el personal capacitado debe proporcionar respiración artificial, oxígeno o resucitación cardiopulmonar</p> <p>Desapertar partes ajustadas à roupa, como colarinho, gravata, cinto ou cinturão.</p> <p>Si está inconsciente, coloque en posición de recuperación y consiga atención médica inmediatamente.</p> <p>Obtenga atención médica inmediatamente.</p>
Contacto con la piel:	<p>Quítese la ropa y calzado contaminados.</p> <p>Lave las áreas expuestas con gran cantidad de agua por lo menos durante 15 minutos.</p> <p>Se hay irritación, busque atendimento médico.</p> <p>Lavar la ropa antes de volver a usarla.</p> <p>Limpia completamente el calzado antes de volver a usarlo.</p>
Contacto con los ojos:	<p>Enjuagar los ojos inmediatamente con mucha agua, levantando ocasionalmente los párpados superior e inferior.</p> <p>Verificar si la víctima lleva lentes de contacto y en este caso, retirárselas.</p> <p>Continúe enjuagando por lo menos durante 15 minutos.</p> <p>Busque la ayuda de un oftalmólogo.</p>
Ingestión:	<p>Lave la boca con água.</p> <p>Retirar las prótesis dentales si las hubiere.</p> <p>Retire la víctima para un sitio ventilado y manténgala en reposo en una posición confortable para respirar.</p> <p>Si se ha ingerido material y la persona expuesta está consciente, suminístrele pequeñas cantidades de agua para beber. Deje de proporcionar agua si la persona</p>

	PRODUCTO:		
	LINEAL ALQUILBENCENO		
N° FISPQ: DT-0001	REVISIÓN: 06	FECHA: 18/12/2013	PÁGINA: 3/ 10

FICHA DE INFORMACIÓN DE SEGURIDAD DE PRODUCTOS QUÍMICOS

	<p>expuesta se encuentra mal ya que los vómitos pueden ser peligrosos. No induzca al vómito a menos que bajo la recomendación de un médico. Si vomita, mantener la cabeza baja de manera que el vómito no entre en los pulmones. Si está inconsciente, coloque en posición de recuperación y consiga atención médica inmediatamente.</p>
--	---

Síntomas y efectos agudos y retardados más importantes

Síntomas:	<p>Vértigo y dolor de cabeza. Irritación o sequedad de la piel. Irritación de los ojos. Dolor de estómago, náuseas y vómitos.</p>
Efectos:	<p>La exposición prolongada a altas concentraciones de vapor puede causar vértigos y dolores de cabeza. El contacto prolongado o repetido puede causar irritación o sequedad de la piel, progresando a la dermatitis. El contacto con el líquido o altas concentraciones de vapor puede causar irritación. La ingestión de pequeñas cantidades puede causar náusea y vómito.</p>
Notas para el médico:	<p>Tratar sintomáticamente. Contacte un especialista en tratamiento de veneno si grandes cantidades son ingeridas o inhaladas.</p>

5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

Medios de extinción:	Utilizar polvo químico, CO ₂ , agua de pulverización o espuma mecánica.
Medios de extinción no recomendado:	Chorros de agua directamente sobre el líquido en llamas.
Peligros específicos de la sustancia o la mezcla:	En caso de incendio o de calentamiento, ocurrirá un aumento de presión y el recipiente podrá reventar.
Medidas de protección del equipo contra incendios:	<p>Equipo de protección especial completo para los bomberos. Colóquese con la espalda al viento. Utilice un equipo de respiración autónomo con una máscara facial completa que opere durante la lucha contra el fuego. Definir zonas objetivo (caliente, tibia y fría).</p> <p>Medidas de lucha contra incendios: Apagar todas las fuentes de ignición; Aplicar el agente extintor valor apropiado; Si no se puede extinguir el incendio, aléjese del área y deje el incendio extinguirse por sí mismo.</p>

6. MEDIDAS DE CONTROL PARA DERRAMES O FUGAS

Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia:

	PRODUCTO:		
	LINEAL ALQUILBENCENO		
N°FISPO: DT-0001	REVISIÓN: 06	FECHA: 18/12/2013	PÁGINA: 4/ 10

FICHA DE INFORMACIÓN DE SEGURIDAD DE PRODUCTOS QUÍMICOS

Para el personal que no forma parte del servicio de emergencia:	Utilice equipamiento de protección individual. Evite inhalación, contacto con los ojos y con la piel.
Para el personal del servicio de emergencia:	Use ropa protectora resistente a los productos químicos, guantes de PVC y botas. Lentes anti-salpicaduras. Si durante la manipulación del producto, hay dificultad respiratoria, use un respirador para vapores orgánicos, gases y vapores.

Precauciones al medio ambiente:

En tierra:	Impedir que el producto se vaya a los ríos, cursos de agua subterránea o áreas bajas, alcantarillas, suelo y vegetación. Absorber con material absorbente (arena o tierra). Colectar todos los residuos en recipientes adecuados y rotulados y eliminar de acuerdo con la legislación local. Comunicar a las autoridades y alertar la vecindad si necesario.
En agua:	Comunicar al puerto, autoridades pertinentes y otras embarcaciones. Bloquear el área de derrame y evitar daños ecológicos. Eliminar el producto de la superficie por absorción del manto contaminado con absorbentes adecuados.

Métodos y material de contención y limpieza:	Absorber el material con arena o tierra.. Coloque en un contenedor adecuado para su reciclaje o eliminación. El material puede incinerarse en condiciones normales controlados de acuerdo con las disposiciones oficiales y locales.
---	--

7. MANEJO Y ALMACENAMIENTO

Precauciones para manejo seguro:	Maneje el producto en un lugar fresco y seco. En operaciones de carga/ descarga se deben evitar caídas de los envases, descenso en rampas sin protección, bajadas en terreno accidentado para evitar hoyos, amasamientos o desaparición de la identificación del producto. Envases más pesados deben ser transportados por medio de apiladoras. Etiquetar a los envases.
Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades	Condiciones apropiadas: Almacenar en temperaturas inferiores a 40°C. Almacenar en local seco, fresco y ventilado sobre estrados o tiras de madera. Mantener el recipiente cerrado cuando no se esté utilizando. Utilizar tanques de acero de carbono. Condiciones que deben evitarse: Tambores metálicos con doble capa de revestimiento polimérico y libre de puntos de suelda para evitar reacción del ácido sulfónico con el metal. Revestimiento de caucho natural o butilo

	PRODUCTO:		
	LINEAL ALQUILBENCENO		
N°FISPO: DT-0001	REVISIÓN: 06	FECHA: 18/12/2013	PÁGINA: 5/ 10

FICHA DE INFORMACIÓN DE SEGURIDAD DE PRODUCTOS QUÍMICOS

8. CONTROL DE EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN INDIVIDUAL

Parámetros de control

Límites de exposición ocupacional:	No establecido
Indicadores biológicos:	No establecido
Otros límites y valores:	No establecido

Medidas de control de ingeniería:	Predecir sistemas de ventilación/ escape en el local de almacenamiento/ manejo.
--	---

Medidas de protección personal

Protección de los ojos/ cara:	Gafas de protección contra respingos.
Protección de la piel y del cuerpo:	Traje completa (pantalones y camisa de manga larga), guantes y botas de PVC.
Protección respiratoria:	Si durante la manipulación del producto hay dificultad respiratoria, use un respirador para vapores orgánicos, polvo y vaho.

Peligros Térmicos:	No aplicable.
Precauciones especiales:	<p>Productos químicos solamente deben ser manoseados por personas capacitadas y habilitadas.</p> <p>Instale ducha y lava ojos de emergencia en el lugar de trabajo</p> <p>Seguir rígidamente los procedimientos operacionales y de seguridad en los trabajos con productos químicos.</p>

9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Aspecto (estado físico, forma, color, etc):	Líquido incoloro, claro y brillante
Olor y umbral de olor:	Inodoro
pH:	No disponible
Punto de fusión/ punto de congelamiento:	< -50° C
Punto de ebullición inicial y franja de temperatura de ebullición:	285-308°C [ASTM D86-82]
Punto de fulgor:	<p>Vaso cerrado: 140-145°C [Pensky-Martens]</p> <p>Vaso abierto: 128°C [ASTM D93]</p>

	PRODUCTO:		
	LINEAL ALQUILBENCENO		
Nº FISPQ: DT-0001	REVISIÓN: 06	FECHA: 18/12/2013	PÁGINA: 6/ 10

FICHA DE INFORMACIÓN DE SEGURIDAD DE PRODUCTOS QUÍMICOS

Tasa de evaporación:	No disponible
Inflamabilidad (sólido, gas):	No disponible
Límite inferior/ superior de inflamabilidad o explosividad:	No disponible
Presión de vapor:	<0,13 kPa [20°C]
Densidad de vapor:	8,1 [Ar=1]
Densidad:	0,858 a 0,868 g/cm ³ [15°C]
Solubilidad (s):	Insoluble en agua fría y caliente
Coefficiente de partición n-octanol/ agua:	7,9
Temperatura de auto-ignición:	323°C
Temperatura de descomposición:	No disponible
Viscosidad:	Cinemática: 0,0415 cm ² /s@40°C [ASTM D 445]

10. REATIVIDADE

Reactividad:	No están disponibles datos de testes específicos relacionados a reactividad para este producto o para os sus ingredientes.
Estabilidad química:	Estable en condiciones normales de temperatura e presión.
Posibilidad de reacciones peligrosas:	En condiciones normales de almacenamiento y uso, no se producen reacciones peligrosas.
Condiciones a ser evitadas:	No se aplica
Materiales incompatibles:	No se aplica
Productos peligrosos cuando se descomponen:	En condiciones normales de almacenamiento y uso, no se deberían formar productos de descomposición peligrosos.

11. INFORMAÇÕES TOXICOLÓGICAS

Toxicidad aguda:	DL50 (oral, rato): >5000 mg/kg DL50 (dérmico, conejo): >2000 mg/kg Muy baja toxicidad en los humanos o animales.
Corrosión/ irritación de la piel:	Irritante moderado (Conejo / Exposición: 4 horas)

	PRODUCTO:		
	LINEAL ALQUILBENCENO		
Nº FISPQ: DT-0001	REVISIÓN: 06	FECHA: 18/12/2013	PÁGINA: 7/ 10

FICHA DE INFORMACIÓN DE SEGURIDAD DE PRODUCTOS QUÍMICOS

Lesiones oculares graves/ irritación ocular:	Irritante. (Conejo/ Puntuación: 0,7)
Sensibilización respiratoria o de la piel:	No sensibilizante
Mutagenicidad en células germinativas:	No es mutagénico en batería de testes de toxicología genética.
Carcinogenicidad:	No disponible.
Toxicidad à reproducción:	No se conocen efectos significativos o riesgos críticos.
Toxicidad sistémica para ciertos órganos-alvo – Exposición única:	No disponible.
Toxicidad sistémica para ciertos órganos-alvo – Exposición repetida:	No disponible.
Peligro por aspiración:	Categoría 1. Viscosidad cinemática: 4,15mm ² /s@40°C

Principales síntomas

Inhalación:	Vértigo y dolor de cabeza.
Ingestión:	Dolor de estómago, náuseas y vómitos.
Contacto con os ojos:	Irritación de los ojos.
Contacto con a pele:	Irritación o sequedad de la piel.

Efectos específicos

Inhalación:	No se conocen efectos significativos o riesgos críticos.
Ingestión:	Puede ser mortal en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias.
Contacto con os ojos:	No se conocen efectos significativos o riesgos críticos.
Contacto con a pele:	No se conocen efectos significativos o riesgos críticos.

12. INFORMAÇÕES ECOLÓGICAS

Ecotoxicidad:	CL50 (<i>Daphnia magna</i> , agua fresca, 48h): >0,041 mg/L CE50 (Algas - <i>Scenedesmus subspicatus</i> , agua fresca, 72h): >0,1 mg/L NOEC (Pescado - Danio rerio, agua fresca, 48h): 0,01mg/L No se conocen efectos significativos o riesgos críticos.
Persistencia y degradación:	Biodegradación %CO ₂ : 61 [OCDE 301B] log ₁₀ Kow > 5 Biodegradación em el suelo - Media vida: Aproximadamente 15 días.

	PRODUCTO:		
	LINEAL ALQUILBENCENO		
Nº FISPQ: DT-0001	REVISIÓN: 06	FECHA: 18/12/2013	PÁGINA: 8/10

FICHA DE INFORMACIÓN DE SEGURIDAD DE PRODUCTOS QUÍMICOS

Potencial bioacumulativo:	BCF: 35 Bajo potencial de bioacumulación.
Movilidad en el suelo:	Coefficiente de partición tierra/agua (KOC): 22000 Movilidad: No disponible
Otros efectos adversos:	No se conocen efectos significativos o riesgos críticos.

13. CONSIDERACIONES SOBRE EL DESTINO FINAL

Métodos recomendados para la eliminación

Producto:	Cantidades significativas de detritos de producto residual no deben ser eliminadas por la canalización de aguas residuales, pero procesadas en una estación de tratamiento de efluentes. La eliminación de este producto, soluciones y cualquier subproducto deben obedecer las exigencias de protección ambiental, además de una legislación para la eliminación de residuos según las exigencias de las autoridades regionales del sitio. No mezclar con agentes oxidantes fuertes.
Restos de productos:	Mantener restos de productos en sus embalajes originales y debidamente cerrados. Los residuos pueden ser incinerados en condiciones controladas como las prescripciones de las autoridades (nacionales y / o locales).
Envase utilizado:	Los envases vacíos o los revestimientos pueden retener residuos del producto
PPE requerido para el tratamiento y eliminación de residuos:	Lo mismo mencionado en el ítem 8.

14. INFORMACIONES SOBRE TRANSPORTE

Reglamentaciones nacionales e internacionales

Terrestres:

Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT): Resoluciones Nº. 420/04, 701/04, 1644/06, 2657/08 e 2975/08.

Número ONU	No clasificado
Nombre apropiado para embarque	Lineal Alquibenceno
Clase/subclase del riesgo principal	No clasificado
Clase/subclase de riesgo subsidiario	No clasificado
Número de riesgo	No peligroso
Grupo de embalaje	III

	PRODUCTO:		
	LINEAL ALQUILBENCENO		
Nº FISPQ: DT-0001	REVISIÓN: 06	FECHA: 18/12/2013	PÁGINA: 9/ 10

FICHA DE INFORMACIÓN DE SEGURIDAD DE PRODUCTOS QUÍMICOS

Peligro para el medio ambiente	No se conocen efectos significativos o riesgos críticos
---------------------------------------	---

Hidro vías:

DPC - Directoría de Puertos y Costas (Transporte en aguas brasileiras)
 Normas de Autoridad Marítima (NORMAM):
 - NORMAM 01/DPC: Embarcaciones Empleadas en la Navegación en Mar Abierto
 - NORMAM 02/DPC: Embarcaciones Empleadas en la Navegación Interior
 IMO - "International Maritime Organization" (Organización Marítima Internacional)
 Internacional Marítima Código Peligroso (IMDG Code) – Incorporating Amendment 34-08; 2008 Edition.

Número ONU	No clasificado
Nombre apropiado para embarque	Lineal Alquibenceno
Clase/subclase del riesgo principal	No clasificado
Clase/subclase de riesgo subsidiario	No clasificado
Número de riesgo	No peligroso
Grupo de embalaje	III
Peligro para el medio ambiente	No se conocen efectos significativos o riesgos críticos

Aéreo:

DAC - Departamento de Aviación Civil: IAC 153-1001. Instrucción de Aviación Civil - Normas para transporte de artículos peligrosos en aeronaves civiles.
 IATA - "International Air Transport Association" (Asociación Internacional de Transporte Aéreo)
 Dangerous Goods Reglamento (DGR) - 50th Edition, 2009.

Número ONU	No clasificado
Nombre apropiado para embarque	Lineal Alquibenceno
Clase/subclase del riesgo principal	No clasificado
Clase/subclase de riesgo subsidiario	No clasificado
Número de riesgo	No peligroso
Grupo de embalaje	III
Peligro para el medio ambiente	No se conocen efectos significativos o riesgos críticos

15. INFORMACIÓN REGULATORIA

	PRODUCTO:		
	LINEAL ALQUILBENCENO		
Nº FISPQ: DT-0001	REVISIÓN: 06	FECHA: 18/12/2013	PÁGINA: 10/ 10

FICHA DE INFORMACIÓN DE SEGURIDAD DE PRODUCTOS QUÍMICOS

Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos, ONU.

16. OTRAS INFORMACIONES

Informaciones importantes, pero no específicamente descritas en secciones anteriores:	<p>Documentos de porte obligatorio:</p> <p>a) Certificado de capacitación para transporte de productos peligrosos a granel del vehículo y de equipamiento. (Expedido pelo INMETRO o entidad autorizada);</p> <p>b) Ficha de emergencia, adecuada a las exigencias da ABNT;</p> <p>c) Sobre para transporte conforme NBR7504 da ABNT;</p> <p>d) Documento fiscal debe describir la mercancía, su acondicionamiento, peso, valor, tasas (si hubo), nombre y dirección do embarcador, nombre y dirección del destinatario, condiciones de venta o de transferencia, medio de transporte y fecha de salida, propio para cada tipo de movimiento de bienes. (consulte Portaria Nº 261/89 MT);</p> <p>e) Conductores: categoría atender a las especificaciones del vehículo (A, B, C, D o E), es exigida la edad mínima de 21 años.</p>
Referencias:	No aplicable.
Subtítulos y abreviaturas:	<p>ABNT: Asociación Brasileña de Normas Técnicas;</p> <p>ASTM: Sociedad Americana para Pruebas y Materiales;</p> <p>BCF: Factor de bioconcentración;</p> <p>CAS: Chemical Abstracts Service;</p> <p>CL50: Concentración letal 50%;</p> <p>DL50: Dosis letal 50%;</p> <p>GHS: Globally Harmonised System (Sistema Globalmente Armonizado);</p> <p>INMETRO: Instituto Nacional de Metrología, Calidad y Tecnología;</p> <p>NBR: Designación de la norma ABNT;</p> <p>NOEC: No Observed Effect Concentration - Concentraciones eficaces no observadas;</p> <p>OCDE: Organisation for Economic Co-operation and Development (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico);</p> <p>ONU: Naciones Unidas;</p> <p>PPE: Equipo de Protección Personal;</p> <p>PVC: Polyvinyl chloride (Cloruro de vinilo).</p>

NOTA AL LECTOR:

Aunque la información y las recomendaciones expuestas en el presente documento se presentan de buena fe y se cree que es correcta a la fecha, Deten Química no hace ninguna representación en cuanto a la integridad o exactitud de la misma. La información se proporciona con la condición de que las personas que están recibiendo adopten sus propios criterios en cuanto a la seguridad y la capacidad de adaptación a sus fines, antes de utilizarlos. En ningún caso, Química Deten hará responsable por daños de cualquier tipo que surjan por el uso o dependencia de la información. Ninguna representación o garantía expresa o implícita de comerciabilidad o aptitud para un propósito particular con respecto a la información del producto proporcionada aquí.

ANEXO 3. FICHA TÉCNICA LAS

Fichas Internacionales de Seguridad Química

ÁCIDO C10-13 ALQUILBENCENOSULFÓNICO, SALES DE SODIO		ICSC: 1602
		Octubre 2005
Alquibenceno sulfonato sódico Ácido lineal alquilbencenosulfónico, sal sódica Lineal alquilbenceno sulfonato sódico LAS		
CAS:	68411-30-3	C_{11,6}H_{24,2}C₆H₄SO₃Na
CE / EINECS:	270-115-0	Masa molecular: 342,4

TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes.		En caso de incendio en el entorno: están permitidos todos los agentes extintores.
EXPLOSIÓN			

EXPOSICIÓN			
Inhalación	Tos. Dolor de garganta.	Extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo.
Piel	Enrojecimiento. Dolor.	Guantes protectores.	Aclarar la piel con agua abundante o ducharse.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor. Quemaduras.	Gafas ajustadas de seguridad.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión	Diarrea. Náuseas. Vómitos.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. NO provocar el vómito.

DERRAMES Y FUGAS	ENVASADO Y ETIQUETADO
Protección personal adicional: respirador de filtro P2 contra partículas nocivas. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente; si fuera necesario, humedecer el polvo para evitar su dispersión.	
RESPUESTA DE EMERGENCIA	ALMACENAMIENTO
	Almacenar en un área sin acceso a desagües o alcantarillas. Separado de ácidos.

IPCS
International
Programme on
Chemical Safety



Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS, 2006

VÉASE INFORMACIÓN IMPORTANTE AL DORSO

Fichas Internacionales de Seguridad Química

ÁCIDO C10-13-ALQUILBENCENOSULFÓNICO, SALES DE SODIO	ICSC: 1602
--	-------------------

DATOS IMPORTANTES	
<p>ESTADO FÍSICO; ASPECTO: Sólido en diversas formas.</p> <p>PELIGROS QUÍMICOS: La sustancia se descompone al calentarla intensamente, produciendo humos tóxicos y corrosivos, incluyendo óxidos de azufre. Reacciona con ácidos, produciendo humos tóxicos y corrosivos, incluyendo óxidos de azufre.</p> <p>LÍMITES DE EXPOSICIÓN: TLV no establecido. MAK no establecido.</p>	<p>VÍAS DE EXPOSICIÓN: La sustancia se puede absorber por ingestión.</p> <p>RIESGO DE INHALACIÓN: Puede alcanzarse rápidamente una concentración nociva de partículas suspendidas en el aire cuando se dispersa.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN: La sustancia irrita la piel y el tracto respiratorio y es corrosiva para los ojos.</p>
PROPIEDADES FÍSICAS	
<p>Punto de ebullición: 637°C Punto de fusión: 277°C Densidad relativa (agua = 1): 1,06 Solubilidad en agua, g/100 ml a 20°C: 25 Presión de vapor: despreciable</p>	<p>Coefficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 3,32</p>
DATOS AMBIENTALES	
<p>La sustancia es tóxica para los organismos acuáticos.</p>	
NOTAS	
<p>La sustancia se vende generalmente como un concentrado del 50%. La cadena alquílica lineal tiene habitualmente de 10 a 13 átomos de carbono, aproximadamente en la siguiente relación molar (porcentaje de longitud de cadena alquílica relativa al componente total) C10:C11:C12:C13=13:30:33:24. Las formulaciones de los alquilbencenos sulfonatos lineales disponibles en EEUU contienen también un 0,5% del componente C14.</p>	
INFORMACIÓN ADICIONAL	
Nota legal	<p>Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.</p>
© IPCS, CE 2006	

ANEXO 4. FICHA TÉCNICA H₂



	Página: 1 / 6
	Versión: 2
	Fecha de Emisión: 10/02/2011
	Fecha de Revisión: 13/11/2013
	Número de FDS:
FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD	067A

HIDROGENO

SECCIÓN 1: Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

1.1. Identificador del producto	
Nombre comercial	: HIDROGENO
Descripción Química	: Hidrógeno :1333-74-0 :215-605-7 :001-001-00-9
Número de registro	: Figura en la lista del Anexo IV / V de REACH, exento de solicitud de registro.
Fórmula química	: H ₂
1.2. Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados	
Usos aplicables identificados	: Industrial y profesional. Llevar a cabo evaluación de riesgo antes de usar. Gas de ensayo / gas de calibrado. Uso en laboratorio. Reacción Química (Síntesis) Gas laser. Usar como un combustible. Gas de protección en procesos de soldadura. Usar para la fabricación de componentes electrónicos/fotovoltaicos. Para mayor información sobre su uso contactar al suministrador.
Usos desaconsejados	: No inflar globos para fiestas.
1.3. Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad	
Identificación de la Compañía	: PRAXAIR ESPAÑA, S.L.U. Orense, 11 - 5ª Planta 28020 Madrid : contact_espana@praxair.com
Dirección email (persona competente)	
1.4. Teléfono de emergencia	
Teléfono (persona competente)	: (+34)914533000
Teléfono de emergencia en Transporte Líquido (24 h)	: (+34)915974453
Teléfono de emergencia en Instalaciones (24 h)	: (+34)902213000
Teléfono de emergencia en Gases Especiales (24 h)	: (+34)917863432

SECCIÓN 2: Identificación de los peligros

2.1. Clasificación de la sustancia o de la mezcla	
Clase y categoría de riesgo, Código de Normativa CE 1272/2008 (CLP)	
• Peligros físicos	: Gases inflamables - Categoría 1 - Peligro - (CLP : Flam. Gas 1) - H220 Gases a presión - Gases comprimidos - Atención - (CLP : Press. Gas) - H280
Clasificación 67/548 CE o 1999/45 : CE	
Clasificación CE	: F+; R12
2.2. Elementos de la etiqueta Normativa de Etiquetado CE 1272/2008 (CLP)	
• Pictogramas de peligro	:   GHS02 GHS04
• Palabra de advertencia	: Peligro
• Indicación de peligro	: H220 : Gas extremadamente inflamable. H280 : Contiene gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento.
• Consejos de prudencia	
- Prevención	: P210 : Mantener alejado de fuentes de calor, chispas, llama abierta o superficies calientes. - No fumar.
- Respuesta	: P377 : Fuga de gas en llamas: No apagar, salvo si la fuga puede detenerse sin peligro. P381 : Eliminar todas las fuentes de ignición si no hay peligro en hacerlo.
- Almacenamiento	: P403 : Almacenar en un lugar bien ventilado.
2.3. Otros peligros	
Información general	: Ninguno.

SECCIÓN 3: Composición/información sobre los componentes

3.1. Sustancia / Mezcla	: Sustancia.
Nombre del componente	: Hidrógeno
Contenido	: 100 %
Nº CAS	: 1333-74-0
Nº EC	: 215-605-7
Nº Índice	: 001-001-00-9
Nº Reach	: Nota1



FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

Página: 2 / 6

Versión: 2

Fecha de Emisión: 10/02/2011

Fecha de Revisión: 13/11/2013

Número de FDS:

067A

HIDROGENO

Clasificación	: F+; R12 Flam. Gas 1 (H220) Press. Gas Compressed (H280)
Información general	: No contiene otros componentes o impurezas que puedan influir en la clasificación del producto. Texto completo de Frases-R, véase capítulo 16. Texto completo de declaraciones-H, véase capítulo 16.

SECCIÓN 4: Primeros auxilios

4.1. Descripción de los primeros auxilios	
- Inhalación	: Retirar a la víctima a un área no contaminada llevando colocado el equipo de respiración autónoma. Mantener a la víctima caliente y en reposo. Llamar al doctor. Aplicar la respiración artificial si se para la respiración.
- Contacto con la piel	: No se esperan efectos adversos de este producto.
- Contacto con los ojos	: No se esperan efectos adversos de este producto.
- Ingestión	: La ingestión no está considerada como una vía potencial de exposición.
4.2. Principales síntomas y efectos, agudos y retardados	
Información general	: A elevadas concentraciones puede causar asfixia. Los síntomas pueden incluir la pérdida de la consciencia o de la movilidad. La víctima puede no haberse dado cuenta de la asfixia.
4.3. Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente	
Información general	: Ninguno.

SECCIÓN 5: Medidas de lucha contra incendios

5.1. Medios de extinción	
- Medios de extinción adecuados	: Agua en spray o en nebulizador. Polvo seco.
- Medios de extinción inadecuados	: No usar agua a presión para extinguirlo. Dióxido de carbono.
5.2. Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla	
Peligros específicos	: La exposición al fuego puede causar la rotura o explosión de los recipientes.
Productos de combustión peligrosos	: Ninguno.
5.3. Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios	
Métodos específicos	: Si es posible detener la fuga de producto. Utilizar medidas de control de incendios apropiadas con el incendio circundante. La exposición de los envases de gas al fuego y al calor puede provocar su ruptura. Enfriar los envases dañados con chorro de agua pulverizada desde una posición protegida. No vaciar el agua contaminada por el fuego en los desagües. No extinguir una fuga de gas inflamada si no es absolutamente necesario. Se puede producir la reignición espontánea explosiva. Extinguir los otros fuegos. Usar agua en spray o en nebulizador para disipar humos de incendios.
Equipo de protección especial para extinción de incendios	: En espacios confinados utilizar equipos de respiración autónoma de presión positiva. Vestimenta y equipo de protección standard (aparato de respiración autónoma) para bomberos. Standard EN 137-mascara de cara completa que incluya un aparato de respiración autónoma de aire comprimido en circuito abierto. EN 469: Vestimenta protectora para bomberos. EN 659: Guantes de protección para bomberos.

SECCIÓN 6: Medidas en caso de vertido accidental

6.1. Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia	
Información general	: Intentar parar el escape/derrame. Evacuar el área. Utilizar equipos de respiración autónoma cuando entren en el área a menos que esté probado que la atmósfera es segura. Asegurar la adecuada ventilación de aire. Téngase en cuenta el riesgo de atmósferas explosivas. Eliminar las fuentes de ignición.
6.2. Precauciones relativas al medio ambiente	
Información general	: Intentar parar el escape/derrame.
6.3. Métodos y material de contención y de limpieza	
Información general	: Ventilar la zona.
6.4. Referencia a otras secciones	
Información general	: Ver también las Secciones 8 y 13.

SECCIÓN 7: Manipulación y almacenamiento

7.1. Precauciones para una manipulación segura	
---	--



FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

Página: 3 / 6

Versión: 2

Fecha de Emisión: 10/02/2011

Fecha de Revisión: 13/11/2013

Número de FDS:

067A

HIDROGENO

Uso seguro del producto

: Solo personas experimentadas y debidamente entrenadas deben manejar gases sometidos a presión. La sustancia debe ser manipulada de acuerdo con los procedimientos de buena higiene industrial y seguridad. Utilizar solo equipo específicamente apropiado para este producto y para su presión y temperatura de suministro, en caso de duda contacte con su suministrador. Tomar medidas de precaución contra descargas electrostáticas. Purgar el aire del sistema antes de introducir el gas. Mantener lejos de fuentes de ignición, incluyendo descarga estática. No fumar cuando se manipule el producto. Tener en cuenta el riesgo de una posible atmosfera susceptible de explotar y la necesidad de disponer de un equipo que pruebe la explosión. Considerar el uso de herramientas que no emitan chispas. Comprobar que el conjunto del sistema de gas ha sido, o es con regularidad, revisado antes de usarse respecto a la posibilidad de escapes.

Manipulación segura del envase del gas

: Considerar los instrumentos de reducción de la presión en las instalaciones de gas. Solicitar del suministrador las instrucciones de manipulación de los contenedores. Debe prevenirse la filtración de agua al interior del recipiente. No permitir el retroceso hacia el interior del recipiente. Proteger las botellas de los daños materiales, no arrastrar, ni rodar, deslizar ó dejar caer. Si mueve botellas, incluso en pequeños recorridos, use una carretilla (mecanica, manual,etc) diseñada para transportar botellas. Mantener colocada la caperuza de la valvula hasta que el envase quede fijo contra una pared, un banco ó situado en una plataforma, y ya dispuesto para su uso. Si el usuario aprecia cualquier problema en una valvula de una botella en uso, termine su utilización y contacte al suministrador. Nunca intentar reparar ó modificar las valvulas de los depositos ó los mecanismos de seguridad. Las valvulas que estan dañadas deben ser inmediatamente comunicadas al suministrador. Mantener los accesorios de la valvula del deposito libre de contaminantes, especialmente aceites y agua. Reponer la caperuza de la valvula ó del depósito si se facilitan por el suministrador, siempre que el envase quede desconectado del equipo. Cierre la valvula del del deposito despues de su uso y cuando quede vacío, incluso si aún esta conectado al equipo. No intentar nunca trasvasar gases de una botella/envase a otro. No utilizar nunca mecanismos con llamas ó de calentamiento eléctrico para elevar la presión del deposito. No quitar ni desfigurar las etiquetas facilitadas por el suministrador para identificar el contenido de las botellas.

7.2. Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades Información general

: Mantener el contenedor por debajo de 50°C, en un lugar bien ventilado. Separa de los gases oxidantes o de otros materiales oxidantes durante el almacenamiento. Los contenedores ser almacenados en posición vertical y debidamente asegurados para evitar su caída. Los contenedores almacenados deben ser comprobados periódicamente respecto a su estado general y a posibles fugas. Las protecciones de las valvulas y las caperuzas deben estar colocadas. Almacenar los contenedores en un lugar libre del riesgo y lejos de fuentes de calor e ignición. Todos los equipos eléctricos en las áreas de almacenamiento deben ser compatibles con el riesgo de una posible atmosfera explosiva. Observar todas las regulaciones y los requerimientos locales relativos al almacenamiento de contenedores. Los contenedores no deben ser almacenados en condiciones que favorezcan la corrosión. Mantener alejado de materiales combustibles.

7.3. Usos específicos finales Información general

: Ninguno.

SECCIÓN 8: Controles de exposición/protección individual

8.1. Parámetros de control

8.2. Controles de la exposición Controles técnicos apropiados

: Los sistemas sujetos a presión deben ser regularmente comprobados respecto a fugas. Detectores de gases deben de ser usados siempre que gases/vapores inflamables pueden ser emitidos. Proporcionar ventilación adecuada, general y local, a los gases de escape. Considerar un sistema de permisos de trabajo p.ej para trabajos de mantenimiento.

Equipo de protección personal

: Un analisis de riesgos debe ser realizado y formalizado en cada area de trabajo para evaluar los riesgos relacionados con el uso del producto y para determinar el PPE que provoca un riesgo relevante. Estas recomendaciones deben ser tenidas en cuenta.

• Protección para el ojo/cara

: PPE que cumplan los estandares recomendados por EN/ISO deben seleccionarse.

• Protección para la piel

: usar gafas con de seguridad con protecciones laterales.

- Protección de las manos

: Standard EN 166- Protección para el ojo.

- Otras

: Usar guantes de trabajo al manejar envases de gases.

: Standard EN 388- guantes que protegen contra riesgos mecanicos.

: Usar zapatos de seguridad mientras se manejan envases.

: Considerar el uso de prendas de seguridad resistentes a llama antiestatica.

: Standard EN ISO 20345 - Equipos de protección personal-zapatos de seguridad.

: Estándar EN ISO 14116- Materiales que limitan la difusión de llamas.

: Standard EN ISO 1149-5- Ropa de protección: Propiedades electrostaticas.

• Protección de las vías respiratorias

: No necesaria.

• Peligros térmicos

: No necesaria.



FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

Página: 4 / 6

Versión: 2

Fecha de Emisión: 10/02/2011

Fecha de Revisión: 13/11/2013

Número de FDS:

067A

HIDROGENO

Controles de exposición medioambiental : No se requieren específicas medidas de gestión distintas de los procedimientos de buena higiene industrial y seguridad.

SECCIÓN 9: Propiedades físicas y químicas

9.1. Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

Apariencia	: Gas.
Estado físico a 20°C / 101.3kPa	: Gas.
Color	: Incoloro.
Olor	: Inoloro.
Valor de pH	: No aplica.
Masa molecular [g/mol]	: 2
Punto de fusión [°C]	: -259
Punto de ebullición [°C]	: -253
Temperatura crítica [°C]	: -240
Punto de inflamación [°C]	: No es aplicable a gases ni a mezcla de gases.
Velocidad de evaporación (éter=1)	: No es aplicable a gases ni a mezcla de gases.
Rango de inflamabilidad [% de volumen en aire]	: 4 - 77
Presión de vapor [20°C]	: No aplica.
Densidad relativa del gas (aire=1)	: 0.07
Densidad relativa del líquido (agua=1)	: 0.07
Solubilidad en agua [mg/l]	: 1.6
Coefficiente de reparto n-octanol/agua [log Kow]	: No es aplicable a gases inorganicos.
Temperatura de auto-inflamación [°C]	: 560
Viscosidad a 20°C [mPa.s]	: No aplica.
Propiedades explosivas	: No aplica.
Propiedades comburentes	: Ninguno.

9.2 Información adicional

Otros datos : Se quema con una llama invisible.

SECCIÓN 10: Estabilidad y reactividad

10.1. Reactividad

Información general : Sin riesgo de reactividad salvo lo expresado en la sub-sección mas adelante.

10.2. Estabilidad química

Información general : Estable en condiciones normales.

10.3. Posibilidad de reacciones peligrosas

Información general : Puede formar mezclas explosivas con el aire.
Puede reaccionar violentamente con materias oxidantes.

10.4. Condiciones que deben evitarse

Información general : Manténgase alejado de fuentes de calor, chispas, llama abierta o superficies calientes. – No fumar.

10.5. Materiales incompatibles

Información general : Aire, Oxidante.
Para información complementaria sobre su compatibilidad referirse a la ISO 11114.

10.6. Productos de descomposición peligrosos

Información general : Productos con riesgo de descomposición no se deben producir por en condiciones normales de almacenamiento y uso.

SECCIÓN 11: Información toxicológica

11.1. Información sobre los efectos toxicológicos

Toxicidad aguda	: No se conocen los efectos toxicológicos de este producto.
Corrosión o irritación cutáneas	: Se desconocen los efectos de este producto.
Lesiones o irritación ocular graves	: Se desconocen los efectos de este producto.
Sensibilización respiratoria o cutánea	: Se desconocen los efectos de este producto.
Carcinogénesis	: Se desconocen los efectos de este producto.
Mutagenicidad	: Se desconocen los efectos de este producto.
Toxicidad para la reproducción	: Se desconocen los efectos de este producto.
Toxicidad específica en determinados órganos (STOT) – exposición única	: Se desconocen los efectos de este producto.
Toxicidad específica en determinados órganos (STOT) – exposición repetida	: Se desconocen los efectos de este producto.
Peligro de aspiración	: No es aplicable a gases ni a mezcla de gases.

SECCIÓN 12: Información ecológica

12.1. Toxicidad

Información general : Este producto no causa daños ecológicos.



FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

Página: 5 / 6
Versión: 2
Fecha de Emisión: 10/02/2011
Fecha de Revisión: 13/11/2013
Número de FDS:
067A

HIDROGENO

12.2. Persistencia y degradabilidad
Información general : Este producto no causa daños ecológicos.
12.3. Potencial de bioacumulación
Información general : Este producto no causa daños ecológicos.
12.4. Movilidad en el suelo
Información general : Este producto no causa daños ecológicos.
12.5. Resultados de la valoración PBT y mPmB
Información general : No se clasifica como PBT o vPvB.
12.6. Otros efectos adversos
Información general :
Efectos sobre la capa de ozono : Ninguno.
Produce efectos en el calentamiento global : Se desconocen los efectos de este producto.

SECCIÓN 13: Consideraciones relativas a la eliminación

13.1. Métodos para el tratamiento de residuos

Información general : No descargar en áreas donde hay riesgo de que se forme una mezcla explosiva con el aire. El gas residual debe ser quemado a través de un quemador adecuado que disponga de antirretroceso de llama. No descargar dentro de ningún lugar donde su acumulación pudiera ser peligrosa. Referirse al código de prácticas de EIGA Doc 30/10 Eliminación de gases accesible en <http://www.eiga.org> para mayor información sobre métodos adecuados de vertidos. Asegurarse de no superar los límites de emisión establecidos en regulaciones locales.
16 05 04: Contenedores de gases a presión (incluido halones) que contienen sustancias peligrosas.

Lista de residuos peligrosos

13.2. Información complementaria

Información general : Ninguno.

SECCIÓN 14: Información relativa al transporte

14.1. Número ONU

Número ONU : 1049

14.2. Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas

Designación oficial : HIDRÓGENO COMPRIMIDO

14.3. Clase(s) de peligro para el transporte

Clase(s) de peligro para el transporte :



2.1 : Gases inflamables

14.4. Grupo de embalaje

Código de clasificación : 1
F

14.5. Peligros de contaminación

Peligros para el medio ambiente : Ninguno.
IMDG-Marine pollutant : No

14.6. Precauciones particulares para los usuarios

Información general

: Evitar el transporte en los vehículos donde el espacio de la carga no esté separado del compartimiento del conductor. Asegurar que el conductor está enterado de los riesgos potenciales de la carga y que conoce que hacer en caso de un accidente o de una emergencia. Antes de transportar las botellas :
- Asegurar una ventilación adecuada.
- Asegúrese de que los recipientes están bien fijados.
- Asegurarse que las válvulas de las botellas están cerradas y no fugan.
- Asegurarse que el tapón del acoplamiento de la válvula (cuando exista) está adecuadamente apretado.
- Asegurarse que la caperuza de la válvula o la tulipa, (cuando exista), está adecuadamente apretada.

14.7. Transporte de granel según anexo II del tratado MARPOL 73/78 y según código IBC

Información general : No aplica.

SECCIÓN 15: Información reglamentaria

15.1. Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla

Legislación UE :
Restricciones : Ninguno.
Seveso directiva 96/82/EC : Figura en la lista.
Legislación Nacional :
Información general : Asegúrese que se cumplen las normativas nacionales y locales.

HIDROGENO

15.2. Evaluación de la seguridad química

Información general : El CSA (Análisis de Seguridad Química) no debe de realizarse para este producto.

SECCIÓN 16: Otra información

Enumeración de los cambios : Hoja de datos de seguridad revisada de acuerdo con la regulación de la Comisión (UE) N°453/2010.
Consejos relativos a la formación : Asegurarse que los operarios conocen el riesgo de inflamabilidad.
 El riesgo de asfixia es a menudo despreciado y debe ser recalcado durante la formación de los operarios.

Etiquetado 67/548 CE o 1999/45 CE :

• **Símbolo(s)**



• **Frase(s) R**
 • **Frase(s) S**

F+ : Extremadamente inflamable
 R12 : Extremadamente inflamable.
 S9 : Conservarse el recipiente en lugar bien ventilado.
 S16 : Conservar alejado de toda llama o fuente de chispas - No fumar.
 S33 : Evítase la acumulación de cargas electrostáticas.
 R12 : Extremadamente inflamable.

Lista del texto completo de Frases-R en la sección 3
Origen de la información
Notas

: La presente Ficha de Datos de Seguridad está establecida de acuerdo con las Directivas Europeas en vigor .
 Nota 1:
 Figura en la lista del Anexo IV / V de REACH, exento de solicitud de registro.
 Nota 2:
 No ha expirado el plazo límite de solicitud de registro.
 Nota 3:

Otras advertencias

No exige su registro. Sustancias fabricadas o importadas < 1t/y.
 Antes de utilizar el producto en un nuevo proceso o experimento, debe llevarse a cabo un estudio completo de seguridad y de compatibilidad de los materiales.
 Los detalles dados son ciertos y correctos en el momento de llevarse este documento a impresión.
 A pesar de que durante la preparación de este documento se ha tomado especial cuidado, no se acepta ninguna responsabilidad por las lesiones o los daños resultantes.

Responsabilidades

Estas instrucciones han sido elaboradas por Praxair sobre la base de las informaciones disponibles a la fecha de las mismas y cubren las aplicaciones más habituales, sin garantizar que su contenido sea suficiente en todos los casos y situaciones. Su observancia no excluye el cumplimiento de la normativa vigente en cada momento.



Descripción de cambios

Adaptación a la normativa vigente.

Fin del documento

ANEXO 5. FICHA TÉCNICA BENCENO

Fichas Internacionales de Seguridad Química

BENCENO		ICSC: 0015 Mayo 2003	
CAS: 71-43-2 RTECS: CY1400000 NU: 1114 CE Índice Anexo I: 601-020-00-8 CE / EINECS: 200-753-7	Ciclohexatrieno Benzol C_6H_6 Masa molecular: 78.1		
TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Altamente inflamable.	Evitar las llamas. NO producir chispas y NO fumar.	Polvo, AFFF, espuma, dióxido de carbono.
EXPLOSIÓN	Las mezclas vapor/aire son explosivas. Riesgo de incendio y explosión: véanse Peligros Químicos.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. NO utilizar aire comprimido para llenar, vaciar o manipular. Utilídense herramientas manuales no generadoras de chispas. Evitar la generación de cargas electrostáticas (por ejemplo, mediante conexión a tierra).	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.
EXPOSICIÓN		¡EVITAR TODO CONTACTO!	
Inhalación	Vértigo. Somnolencia. Dolor de cabeza. Náuseas. Jadeo. Convulsiones. Pérdida del conocimiento.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica.
Piel	PUEDE ABSORBERSE! Piel seca. Enrojecimiento. Dolor. (Además, véase Inhalación).	Guantes de protección. Traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar la piel con agua abundante o ducharse. Proporcionar asistencia médica.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor.	Pantalla facial, o protección ocular combinada con la protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión	Dolor abdominal. Dolor de garganta. Vómitos. (para mayor información, véase Inhalación).	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. NO provocar el vómito. Proporcionar asistencia médica.
DERRAMES Y FUGAS		ENVASADO Y ETIQUETADO	
Eliminar toda fuente de ignición. Recoger, en la medida de lo posible, el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes herméticos. Absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. NO verterlo al alcantarillado. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. (Protección personal adicional: traje de protección completa incluyendo equipo autónomo de respiración).		No transportar con alimentos y piensos. Clasificación UE Símbolo: F, T R: 45-46-11-36/38-48/23/24/25-65 S: 53-45 Nota: E Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 3 Grupo de Envasado NU: II	
RESPUESTA DE EMERGENCIA		ALMACENAMIENTO	
Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-30S1114/30GF1-II Código NFPA: H 2; F 3; R 0;		A prueba de incendio. Separado de alimentos y piensos, oxidantes y halógenos.	
Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS, 2005			
			

VÉASE INFORMACIÓN IMPORTANTE AL DORSO

Fichas Internacionales de Seguridad Química

BENCENO		ICSC: 0015
DATOS IMPORTANTES		
<p>ESTADO FÍSICO; ASPECTO Líquido incoloro, de olor característico.</p> <p>PELIGROS FÍSICOS El vapor es más denso que el aire y puede extenderse a ras del suelo; posible ignición en punto distante. Como resultado del flujo, agitación, etc., se pueden generar cargas electrostáticas.</p> <p>PELIGROS QUÍMICOS Reacciona violentamente con oxidantes, ácido nítrico, ácido sulfúrico y halógenos, originando peligro de incendio y explosión. Ataca plásticos y caucho.</p> <p>LÍMITES DE EXPOSICIÓN TLV: 0.5 ppm como TWA; 2.5 ppm como STEL; (piel); A1; BEI establecido (ACGIH 2004). MAK: H; Cancerígeno clase: 1; Mutágeno clase: 3A; (DFG 2004).</p>	<p>VÍAS DE EXPOSICIÓN La sustancia se puede absorber por inhalación, a través de la piel y por ingestión.</p> <p>RIESGO DE INHALACIÓN Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar muy rápidamente una concentración nociva en el aire.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN La sustancia irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio. La ingestión del líquido puede dar lugar a la aspiración del mismo por los pulmones y la consiguiente neumonitis química. La sustancia puede causar efectos en el sistema nervioso central, dando lugar a disminución de la consciencia. La exposición muy por encima del OEL puede producir pérdida del conocimiento y muerte.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA El líquido desengrasa la piel. La sustancia puede afectar a la médula ósea y al sistema inmune, dando lugar a una disminución de células sanguíneas. Esta sustancia es carcinógena para los seres humanos.</p>	
PROPIEDADES FÍSICAS		
<p>Punto de ebullición: 80°C Punto de fusión: 6°C Densidad relativa (agua = 1): 0.88 Solubilidad en agua, g/100 ml a 25°C: 0.18 Presión de vapor, kPa a 20°C: 10 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 2.7</p>	<p>Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.2 Punto de inflamación: -11°C c.c. Temperatura de autoignición: 498°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 1.2-8.0 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 2.13</p>	
DATOS AMBIENTALES		
La sustancia es muy tóxica para los organismos acuáticos.		
NOTAS		
El consumo de bebidas alcohólicas aumenta el efecto nocivo. Está indicado examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. La alerta por el olor es insuficiente. Esta ficha ha sido parcialmente actualizada en octubre de 2004: ver Clasificación UE.		
INFORMACIÓN ADICIONAL		
<p>Límites de exposición profesional (INSHT 2011):</p> <p>VLA-ED: 1 ppm; 3,25 mg/m³</p> <p>C1A (Sustancia carcinogénica de categoría 1A). M1B (Sustancia mutagénica de categoría 1B).</p> <p>Notas: vía dérmica. Es de aplicación el RD 1124/2000, por el que se modifica el RD 665/1997 de agentes cancerígenos. Esta sustancia tiene establecidas restricciones a la fabricación, comercialización o al uso especificadas en el Reglamento REACH.</p> <p>VLB: 0,045 mg/g creatinina en orina de ácido S-Fenilmercaptúrico; 2 mg/L en orina de ácido t,t-Mucónico; 5 µg/L en sangre de benceno total.</p>		
NOTA LEGAL	Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.	
© IPCS, CE 2005		

ANEXO 6. FICHA TÉCNICA HF

Fichas Internacionales de Seguridad Química

FLUORURO DE HIDROGENO

ICSC: 0283

 <p style="text-align: center;"> FLUORURO DE HIDROGENO Acido fluorhídrico Acido hidrofúorico anhidro HF Masa molecular: 20.0 </p> <p style="text-align: right;">  </p>			
N° CAS 7664-39-3 N° RTECS MW7875000 N° ICSC 0283 N° NU 1052 N° CE 009-002-00-6			
TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible. Muchas reacciones pueden producir incendio o explosión.	(Véanse Riesgos Químicos).	En caso de incendio en el entorno: usar medio de extinción adecuado.
EXPLOSION			En caso de incendio: mantener fría la botella rociando con agua pero NO en contacto directo con agua. Combatir el incendio desde un lugar protegido.
EXPOSICION		¡EVITAR TODO CONTACTO!	¡CONSULTAR AL MEDICO EN TODOS LOS CASOS!
• INHALACION	Sensación de quemazón, vértigo, dolor de cabeza, tos, dificultad respiratoria, náusea, jadeo, vómitos, dolor de garganta, síntomas no inmediatos: ver Notas	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo, posición de semiincorporado y proporcionar asistencia médica.
• PIEL	¡PUEDE ABSORBERSE! Enrojecimiento, dolor, ampollas, quemaduras graves. (Ver Inhalación)	Guantes protectores y traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas, aclarar la piel con agua abundante o ducharse y proporcionar asistencia médica.
• OJOS	Enrojecimiento, dolor, quemaduras profundas graves.	Pantalla facial o protección ocular combinada con la protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.
• INGESTION	Dolor abdominal, náuseas, debilidad, sensación de quemazón, diarrea, vómitos y colapso.	No comer, ni beber ni fumar durante el trabajo. Lavarse las manos antes de comer.	Enjuagar la boca, NO provocar el vómito y proporcionar asistencia médica.
DERRAMAS Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO	
Evacuar la zona de peligro. Consultar a un experto. Ventilar. Eliminar el gas con agua pulverizada. Traje hermético de protección química incluyendo equipo autónomo de respiración.	A prueba de incendio. Separado de alimentos y piensos. Ver Peligros Químicos. Mantener en lugar fresco y bien ventilado.	No transportar con alimentos y piensos. CE: símbolo T+, símbolo C R: 26/27/28-35 S: (1/2-)/7/9-26-36/37/39-45 Clasificación de Peligros NU: 8 Riesgos Subsidiarios NU: 6.1 Grupo de Envasado NU: I	
			

VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE

ICSC: 0283

Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Europeas © CCE, IPCS, 2005

Fichas Internacionales de Seguridad Química

FLUORURO DE HIDROGENO

ICSC: 0283

D A T O S I M P O R T A N T E S	ESTADO FISICO; ASPECTO Gas o líquido humeante incoloro, de olor acre.	VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación y a través de la piel y por ingestión.
	PELIGROS FISICOS PELIGROS QUIMICOS La disolución en agua es un ácido fuerte, reacciona violentamente con bases y es corrosiva. Reacciona violentamente con muchos compuestos originando peligro de fuego y explosión. Ataca al metal, vidrio, plásticos, caucho y revestimientos.	RIESGO DE INHALACION Al producirse una pérdida de gas se alcanza muy rápidamente una concentración nociva de éste en el aire.
	LIMITES DE EXPOSICION TLV (como F): 0.5 ppm como TWA, 2 ppm (valor techo) BEI (ACGIH 2005). MAK: 1 ppm, 0.83 mg/m ³ ; Categoría de limitación de pico: I(2), Riesgo para el embarazo: grupo C; BAT: 7 mg/g creatinina (DFG 2005)	EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION La sustancia es corrosiva de los ojos, la piel y el tracto respiratorio. La inhalación del gas puede originar edema pulmonar (véanse Notas). La sustancia puede causar efectos en la calcemia, induciendo hipocalcemia. La exposición por encima del OEL puede producir la muerte. Los efectos pueden aparecer de forma no inmediata. Se recomienda vigilancia médica.
		EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA La sustancia puede causar fluorosis.
PROPIEDADES FISICAS	Punto de ebullición: 20°C Punto de fusión: -83°C Densidad relativa (agua = 1): 1.0 como líquido a 4°C	Solubilidad en agua: Elevada Presión de vapor, kPa a 25°C: 122 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 0.7
DATOS AMBIENTALES		
NOTAS		
<p>El valor límite de exposición laboral aplicable no debe ser superado en ningún momento por la exposición en el trabajo. Los síntomas del edema pulmonar no se ponen de manifiesto, a menudo, hasta pasadas algunas horas y se agravan por el esfuerzo físico. Reposo y vigilancia médica son por ello, imprescindibles. Debe considerarse la inmediata administración de un aerosol adecuado por un médico o persona por él autorizada. Con el fin de evitar la fuga de gas en estado líquido, girar la botella que tenga un escape manteniendo arriba el punto de escape. Está indicado un examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. Otro número NU: 1790 (disolución de fluoruro de hidrógeno) clase de peligro 8, riesgo subsidiario 6.1, grupo de envasado I (> 60%)</p> <p style="text-align: right;">Código NFPA: H 3; F 0; R 2;</p>		
INFORMACION ADICIONAL		
FISQ: 3-119 FLUORURO DE HIDROGENO		Los valores LEP pueden consultarse en línea en la siguiente dirección: http://www.insht.es/
ICSC: 0283		FLUORURO DE HIDROGENO
© CCE, IPCS, 2005		
NOTA LEGAL IMPORTANTE:	Ni la CCE ni la IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales.	

© INSHT

BIBLIOGRAFÍA

[1] La industria de los surfactantes: Tendencias mundiales.

<file:///C:/Users/usuario/Downloads/1050-1050-1-PB.pdf>

[2] Proyecto de un nuevo diseño energético para una columna de adsorción, TFC. Universidad de Cádiz.

[3] Propiedades Alquilbenceno lineal

<http://www.productosquimicosmadrid.com/productos-quimicos/detergencia/comprar-sulfonato-de-alkilbenceno/>

[4] Propiedades y características del queroseno

<http://lawebtecnica.freevar.com/material/kerosene/kerosene.html>

[5] Petróleo y gas natural, Industrias químicas. Richard S. Kraus

<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo3/78.pdf>

[6] Tema 11, Métodos físicos de separación y purificación. Universidad Jaime I, Valencia.

<http://www.sinorg.uji.es/Docencia/FUNDQO/TEMA11FQO.pdf>

[7] Tesis doctoral "Desactivación de tamices moleculares 5A en procesos de adsorción en fase líquida". Universidad Complutense de Madrid.

<http://biblioteca.ucm.es/tesis/19972000/X/0/X0039001.pdf>

[8] Intercambio iónico zeolitas

<http://academius.blogspot.com.es/2014/09/intercambio-de-iones-en-las-zeolitas.html>

[9] Tesis Doctoral UCA

<http://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8080/tesis/xmlui/bitstream/handle/11185/134/Tesis.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

[10] Proceso Pacol

http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/josedel/josedel/asignaturas-pregrado_files/Proceso%20de%20Deshidrogenacio%CC%81n%20UOP%20Pacol.pdf

[11] Proceso Pacol, "Diseño y simulación de procesos químicos" de Leon Cohen Mesonero

[12] Tesis para obtención del Título de Ingeniero químico petrolero

["http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/20721/Auditoria%20operativa%20en%20una%20planta%20de%20alquilaci%C3%B3n%20con%20HF.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/20721/Auditoria%20operativa%20en%20una%20planta%20de%20alquilaci%C3%B3n%20con%20HF.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[13] Refino petroquímico, Universidad de Cantabria

http://ocw.unican.es/enseñanzas-tecnicas/refino-petroquimico/materiales-de-clase-1/bloque_III_parte_2.pdf

[14] Conversión de unidades

<http://people.clarkson.edu/~wwilcox/ES100/convert1.htm>

[15] Tema sobre producción de LAB, Profesor Antonio Plumed. Universidad de Sevilla.

[16] Desactivación por coque

<https://es.slideshare.net/cesaramonroy/reactivacion-y-reutilizacion-de-catalizadores>

[17] Ficha técnica LAS

<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/1582a1603/1602.pdf>

[18] Ficha técnica LAB

http://www.deten.com.br/Files/pdf/produtos/detlab240/FISPOQ_LAB_espanhol.pdf

[19] Tesis doctoral, Purificación de parafinas de petróleo por hidrogenación catalítica

<http://biblioteca.ucm.es/tesis/qui/ucm-t26589.pdf>

[20] Información de la evolución de la venta de LAB

http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/ecoauditorias/PETRESA_DMA_2004.pdf

[21] Precio del crudo para obtener queroseno

<http://www.minetad.gob.es/energia/petroleo/Precios/Informes/InformesMensuales/2016/mayo%202016.pdf>

[22] Ficha seguridad HF

<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/201a300/nspn0283.pdf>

[23] Precio HF. Cosela

[24] Ficha de seguridad H₂

<http://www.praxair.es/gases/hydrogen>

[25] Precio benceno

<http://www.elconfidencialquimico.com/tag/benceno/>

[26] Ficha seguridad benceno

<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/0a100/nspn0015.pdf>

[27] Precio LAB

<https://spanish.alibaba.com/g/linear-alkylbenzene-sulfonate.html>

[28] Precio equipos

<http://rodin.uca.es/xmlui/handle/10498/17758>

[29] Precio equipos

<file:///C:/Users/usuario/Downloads/33727260.pdf>

[30] Factor deLang

<https://es.slideshare.net/luismarlmg/dei-02-costes>

[31] Estimación consumo de electricidad en una planta

https://www.cepsa.com/stfls/CepsaCom/Coorp_Comp/Ficheros_corporativo/2012/PUENTE%20MAYORGA%202011.pdf

[32] Precio electricidad

<https://www.endesaclientes.com/precio-luz-pvpc.html>

[33] Apuntes de la asignatura “Simulación y optimización de procesos químicos”

[34] Análisis económico. Plant Design and Economics for Chemical Engineers. Fifth Edition. “Max S. Peters, Klaus D. Timmerhaus, Ronald E. West”. McGraw-Hill.

[35] Método de Guthrie

<https://www.clubensayos.com/Informes-de-Libros/M%C3%89TODO-DE-GUTHRIE-Y-LANGE/784707.html>