



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

**ESTUDIO DE LAS INNOVACIONES EN LAS TECNOLOGÍAS DE
PRODUCCIÓN DE 1-BUTENO**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO QUÍMICO**

PRESENTA

DOLORES CITLALLI OROZCO CRUZ



MÉXICO, D.F.

2012



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: Profesor: **REYNALDO SANDOVAL GONZALEZ**

VOCAL: Profesor: **ANTONIO FRANCISCO DÍAZ GARCÍA**

SECRETARIO: Profesor: **HUGO NORBERTO CICERI SILVENSES**

1er. SUPLENTE: Profesor: **ALEJANDRO LEON IÑIGUEZ HERNANDEZ**

2º SUPLENTE: Profesor: **RENE JULIO DE LOS RIOS CAMPANELLA**

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

EDIFICIO "D"

FACULTAD DE QUÍMICA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ASESOR DEL TEMA:

Dr. Hugo Norberto Ciceri Silvenses

SUSTENTANTE:

Dolores Citlalli Orozco Cruz

Agradecimientos

A mis padres

Las palabras sobran cuando se trata de agradecerles cuánto han hecho por mí, no sé si me alcance el tiempo para poder devolverles todo ese amor y apoyo incondicional que me han dado.

Mami

Gracias por tus palabras, tu amor, tus sabios consejos, por tu fortaleza, tu voluntad por creer en mí y permitirme equivocarme y aprender, por estar ahí siempre, por ser un gran ejemplo en mi vida, te amo

Papi

Gracias por consentirme tanto, por quererme, por apoyarme, has sido un ejemplo de nobleza, rectitud, humildad, gracias por preocuparte y ocuparte de mi, por estar al pendiente y por tener siempre esas palabras de ánimo y apoyo para seguir, te amo

A mis Hermanos

Gracias por tantas experiencias vividas y por una infancia tan divertida. Gemeli gracias por ser mi compañera de toda la vida, si algo tiene de mágico ser gemelas es el hecho de que siempre estuviste conmigo, gracias por consentirme, regañarme para que no olvide mis cosas y por quererme!! (por que me quieres ¿no?), pues yo sí te quierooo!!!. Sergio gracias por tu cariño, tus cuidados, por defendernos cuando lo requerimos y por ser mi hermano mayor favorito, te quiero.

A mis Abues

Si soy afortunada de ser parte de dos grandes familias es gracias a ustedes que con el ejemplo y el cariño por todos han logrado formar dos familias unidas y maravillosas. Ambas ejemplares mujeres que me llenan de orgullo.

A mi Familia

Bueno nombrar a cada uno de ustedes sería otro compendio anexo, pero agradezco a cada uno de ustedes por el amor y cariño que me han brindado. Todos y cada uno de ustedes me ha demostrado su amor con

una palabra, un abrazo, un beso, una llamada, un chiste. Gracias por que siempre me han demostrado que estarán ahí para mí, siempre han tenido esas palabras de amor, apoyo y confianza que me han ayudado a levantarme y seguir.

A la UNAM

Fue y será siempre mi casa, desde pequeña quería ser parte de esta casa de estudios y hoy haré todo por demostrar que tan grande es. Me dio una gran educación, amigos, experiencias, lecciones, grandes ratos en ciudad universitaria y tuve el orgullo de poder representarla deportivamente. Soy y siempre seré orgullosamente UNAM.

A la Facultad de Química

Gracias por tantas enseñanzas y por permitirme ser parte de su historia

A mis Amigos

También son muchos!!!, pero cada uno de ellos es único. Les agradezco por que de cada uno de ellos aprendí cosas increíbles. A los cuates de la fac, bueno tan sólo aguantarme todos esos años es de agradecerse; Noe gracias por todoo entre ellas revisar mi tesis (lo que alcanzaste), Elsa demasiadas por ir tantas a mi rescate t estar ahí cuando te necesitaba, Clauu (reja) por tantas risas en la torre y en clases jamás fue aburrido tenerte cerca, Armando siempre estuviste ahí para mí, y gracias a todos por vivir conmigo esta experiencia.

Ana gracias por ser un gran ejemplo de fortaleza y constancia. Joaquín por todas esas charlas tan amenas donde te quejabas de todo, jaja.

ÍNDICE GENERAL

Índice de figuras	III
Índice de tablas	III
1 Presentación	- 2 -
1.1 Planteamiento del problema	- 2 -
1.2 Objetivo.....	- 3 -
1.3 Importancia y justificación.....	- 3 -
1.4 Marco teórico.....	- 3 -
1.4.1 Antecedentes.....	- 5 -
1.4.2 Conceptos.....	- 7 -
1.5 Estructura de la investigación.....	- 17 -
Referencias.....	- 20 -
2 Mercado de tecnología	- 22 -
2.1 Patentes.....	- 23 -
2.2 Licencias.....	- 34 -
2.3 Tecnólogos en la producción de 1-buteno y sus co-polímeros.	- 38 -
2.3.1 BASF Aktiengesellschaft	- 39 -
2.3.2 Basell Polyolefine GmbH.....	- 39 -
2.3.3 Institut Français du Pétrole.....	- 39 -
2.3.4 Equistar Chemicals, LP	- 40 -
2.3.5 Nippon Zeon Co. Ltd.....	- 40 -
2.3.6 Exxon Mobil Research and Engineering Company.....	- 41 -
2.4 Publicación de patentes 1-buteno.....	- 41 -
2.5 Mapeo de patentes	- 44 -
2.6 Conclusiones.....	- 53 -
Referencias.....	- 56 -
3 Principales procesos utilizados para la producción de 1-buteno	- 59 -
3.1 Limitantes del proceso	- 60 -
3.2 Producción de 1-buteno	- 61 -
3.2.1 Metátesis de olefinas.	- 63 -

3.2.2	Dimerización de etileno.....	- 66 -
3.2.3	Deshidrogenación catalítica.....	- 68 -
3.2.4	Destilación extractiva.....	- 71 -
3.3	Ventajas y desventajas.....	- 75 -
3.4	Conclusiones.....	- 77 -
	Referencias.....	- 79 -
4	Evaluación de las tecnologías.....	- 81 -
4.1	Metodología de evaluación.....	- 82 -
4.1.1	Selección del método de evaluación.....	- 83 -
4.2	Evaluación de las tecnologías.....	- 86 -
4.3	Análisis de resultados de la evaluación.....	- 91 -
4.4	Conclusiones.....	- 92 -
	Referencias.....	- 94 -
5	Estudio de alternativas.....	- 96 -
5.1	Innovaciones por tecnología.....	- 96 -
5.2	Implicaciones económicas.....	- 100 -
5.3	Conclusiones.....	- 103 -
6	Bibliografía.....	- 109 -
7	Anexos.....	- 116 -
8	Abreviaturas.....	- 120 -

Índice de figuras

Figura No. 1.1 Diagrama de bloques de las cadenas derivadas de C4's.....	- 5 -
Figura No. 1.2 Fórmulas desarrolladas de 1-buteno, 2-buteno e Isobutileno.....	- 6 -
Figura No. 1.3 Mapa conceptual de evaluación.....	- 8 -
Figura No. 2.1 Convenciones celebradas para la protección de la propiedad intelectual.....	- 28 -
Figura No. 2.2 Marco regulatorio en México sobre propiedad industrial.....	- 34 -
Figura No. 2.3 Distribución de las patentes publicadas de 1990 a la fecha.....	- 43 -
Figura No. 2.4 Distribución de las patentes publicadas de 1990 a la fecha (continuación).....	- 44 -
Figura No. 2.5 Categorías para patentes en la Industria Química.....	- 46 -
Figura No. 2.6 Gráfico de patentes publicadas por categoría.....	- 48 -
Figura No. 2.7 Gráfica de categorías patentables elegidas por tecnólogos.....	- 49 -
Figura No. 2.8 Áreas de mejora en los procesos de producción de 1-buteno.....	- 50 -
Figura No. 2.9 Diagrama del Mapeo de Patentes de 1-buteno en el Tiempo.....	- 52 -
Figura No. 3.1 Diagrama de bloques de las cadenas derivadas de C4's.....	- 62 -
Figura No. 3.2 Reacción de Metátesis de Propeno.....	- 63 -
Figura No. 3.3 Diagrama de bloques de producción de 1-buteno, Equistar Chemicals L.P.....	- 65 -
Figura No. 3.4 Reacción de dimerización de etileno.....	- 66 -
Figura No. 3.5 Producción de 1-buteno (n-buteno) por dimerización de etileno.....	- 67 -
Figura No. 3.6 Producción de estireno a base de etil benceno.....	- 68 -
Figura No. 3.7 Diagrama de bloques del proceso separación de 1-buteno propuesto por BASF.....	- 70 -
Figura No. 3.8 Condiciones de operación para las diferentes tecnologías.....	- 72 -
Figura No. 3.9 Diagrama de Bloques del proceso de producción de 1-buteno, Nippo Zeon.....	- 74 -
Figura No. 4.1 Actividades del proceso de evaluación.....	- 82 -
Figura No. 4.2 Métodos para la evaluación de alternativas tecnológicas.....	- 83 -
Figura No. 4.3 Ventajas y propósitos del método de evaluación.....	- 85 -
Figura No. 4.4 Participantes en la evaluación de tecnologías.....	- 86 -
Figura No. 4.5 Gráfico del porcentaje áreas de proceso con respecto a las ventas.....	- 88 -
Figura No. 5.1 Proceso de obtención de 1-buteno antes y después del sistema de reacción.....	- 101 -

Índice de tablas

Tabla No.1.1 Composición refinado II (% peso).....	- 13 -
Tabla No. 2.1 Diferencias entre patente y secreto industrial.....	- 25 -
Tabla No. 2.2 Patentes publicadas sobre producción de 1-buteno.....	- 42 -
Tabla No. 2.3 Patentes relacionadas con los principales procesos y tecnólogos para 1-buteno.....	- 45 -
Tabla No. 2.4 Características de categorías patentables.....	- 47 -
Tabla No. 3.1 Composición de una fracción de C4 en diferentes condiciones de craqueo (en % peso).....	- 59 -
Tabla No. 3.2 Puntos de ebullición en una fracción de C4.....	- 60 -
Tabla No. 3.3 Condiciones de operación para las diferentes tecnologías.....	- 69 -
Tabla No. 3.4 Ventajas y Desventajas de los Procesos.....	- 76 -
Tabla No. 4.1 Rango de evaluación de las tecnologías.....	- 84 -
Tabla No. 4.2 Descripciones de las categorías.....	- 87 -
Tabla No. 4.3 Categorías con factor de Ponderación.....	- 89 -
Tabla No. 4.4 Calificaciones de los procesos para obtención de 1-buteno.....	- 90 -
Tabla No. 5.1 Mejoras a los procesos de obtención de 1-buteno.....	- 98 -
Tabla No. 5.2 Comparación económica de los casos.....	- 102 -

CAPÍTULO I

PRESENTACIÓN

1 Presentación

El presente trabajo de tesis es un estudio acerca de las innovaciones tecnológicas relacionadas con el proceso de producción de 1-buteno. La investigación ofrece un panorama general sobre sus usos, proceso y evolución, principales tecnólogos así como sus implicaciones económicas para que de ésta manera podamos ubicar los puntos estratégicos que se han tomado en cuenta para innovar o modificar un proceso.

Conoceremos diferentes tecnólogos que a lo largo de los años se han dado a la tarea de desarrollar diferentes procesos para la obtención de 1-buteno de alta pureza con los mayores rendimientos y menores costos, provocando así, la búsqueda interminable de mejoras en el proceso introduciendo innovaciones en el mismo.

De igual forma haremos un breve análisis sobre las tecnologías disponibles para la obtención de 1-buteno, las materias primas utilizadas y su composición, las características del producto final y los posibles subproductos, ventajas y desventajas de los procesos y tecnologías, con la finalidad de construir un marco de referencia para realizar la evaluación y comparación de éstas. Asimismo, se hará el análisis de los procesos y sus correspondientes innovaciones con el fin de identificar la tecnología más viable económicamente.

1.1 Planteamiento del problema

Las principales preguntas que se busca responder en esta investigación son:

- ¿Quiénes son los principales tecnólogos en producción de 1-buteno de alta pureza?
- ¿Cuál es la tecnología con los mayores rendimientos al menor costo?
- ¿En qué aspectos los tecnólogos concentran sus esfuerzos en investigación y desarrollo (I+D+i)?
- ¿Cuáles son los ahorros obtenidos después de llevar a cabo las innovaciones?

1.2 Objetivo

Conocer a los principales participantes, sus tecnologías y su posición en el mercado.
Estudiar y analizar las diferentes tecnologías empleadas para la producción de 1-buteno de alta pureza y su polimerización en co-monómeros.

Comparar a los diferentes tecnólogos, las innovaciones en sus procesos y los resultados obtenidos en rendimientos y ahorros económicos obtenidos.

Determinar factores determinantes que hayan motivado la innovación de los procesos.

Analizar las posibles alternativas para la obtención de 1-buteno de alta pureza.

1.3 Importancia y justificación

Ante la creciente demanda a nivel mundial de productos petroquímicos, como el 1-buteno, se hace impensable creer que podemos ser competitivos dentro del mercado si nos oponemos a la innovación. Las exigencias a nivel mundial y local por parte de la competencia obligan a tecnólogos, empresas, investigadores y expertos en el ramo a ver a la innovación como un área de oportunidad. La innovación en los procesos puede generar mejores rendimientos, menores costos de producción, sustentabilidad y ventajas competitivas.

Debido a esto, resulta de gran importancia el análisis de la evolución de los procesos en el tiempo, tecnólogos y empresas participantes, objetos de inversión para la innovación y resultados obtenidos tras las modificaciones.

1.4 Marco teórico

La mayor parte del 1-Buteno es utilizado por la industria química como materia prima en procesos de polimerización para la producción de distintos plásticos. Sus co-monómeros se emplean en la producción de polibutileno y polietileno tanto de alta densidad como de baja densidad (*LLDPE* y *HDPE*, por sus siglas en inglés). El 1-buteno también sirve para la producción del óxido de butileno-1,2, de metiletilcetona

de anhídrido maléico, n-butil mercaptano, óxido de n-butileno, specialties¹ y derivados que contengan el radical n-butilo. El 1-buteno también tiene buenas propiedades como disolvente.

Para abril del 2006, la capacidad de producción mundial de 1-buteno era cerca de 1.3 millones de toneladas métricas² anuales. Se estima que la demanda aumente en un 5 o 6% anual para el 2015. Para satisfacer esta futura demanda se pronosticó en el 2006, basado en el consumo de 1-buteno de ese año, que la producción debería aumentar 800,000 toneladas métricas anuales³.

Existen varios métodos para la obtención de 1-buteno, la mayoría a partir de corrientes de compuestos que contienen cuatro átomos de Carbono - C₄ -, de las cuales es posible separar 1-buteno de alta pureza mediante la utilización de diferentes operaciones unitarias.

En la figura No. 1.1 se observan las cadenas derivadas de una corriente de C₄, los pasos de fraccionamiento, productos obtenidos y los posibles usos para cada uno de ellos. Los posibles productos que podemos obtener de estas fracciones de C₄ son:

- butadieno
- iso-butileno
- 1-buteno
- mezclas de butanos
- mezclas de butenos

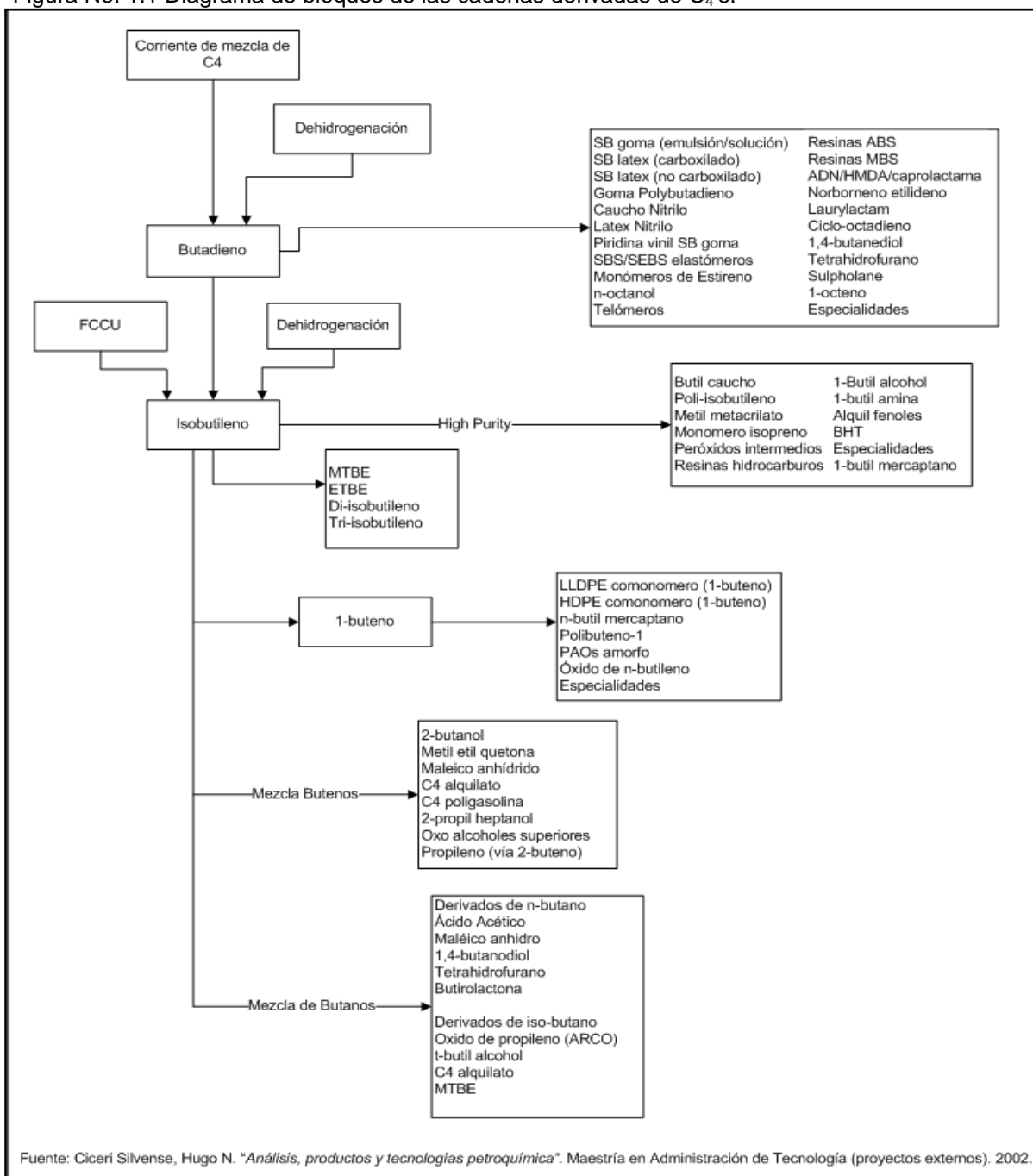
Podemos notar que algunos de los pasos a seguir para obtener 1-buteno son la separación o eliminación de butadieno e isobutileno, los cuáles son indeseables en nuestro proceso ya que son causantes de reacciones y subproductos no deseados. Éste es sólo un ejemplo para llegar a 1-buteno; en los capítulos posteriores veremos más a detalle los diferentes procesos existentes.

¹ *Specialty* es el nombre que se le da a los bienes comerciales con características específicas.

² Tonelada métrica, también llamado megagramo es igual a 1,000 kg.

³ ABB Lummus Global, "Maximize butane-1 yields, a new reactor system capitalizes on shifting butane-2 to butene-1 from C4 fractions", *Hydrocarbon Processing*, 4 (2006), 57-61.

Figura No. 1.1 Diagrama de bloques de las cadenas derivadas de C₄'s.



1.4.1 Antecedentes

Los alquenos son hidrocarburos con un doble enlace carbono-carbono en su estructura, que contienen menos hidrógeno que un alcano de igual número de

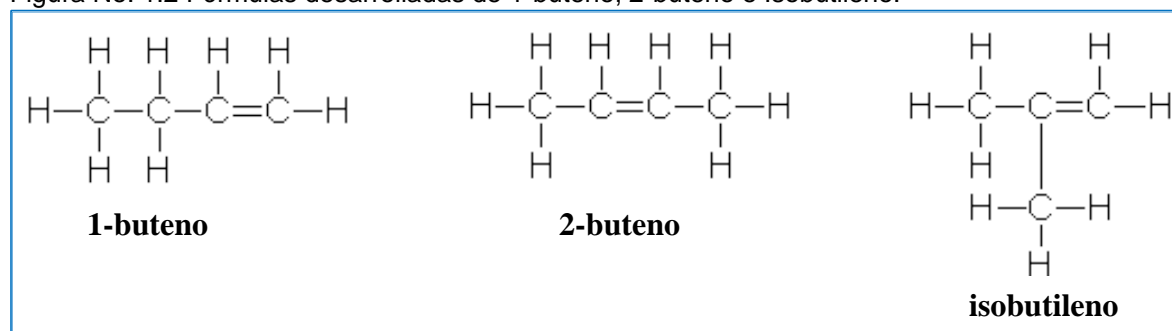
carbonos. Debido a esto son también llamados *hidrocarburos no saturados*. La fórmula general para ellos es: C_nH_{2n}

El gran impulso en la petroquímica que se dio después de la Segunda Guerra Mundial y la necesidad de producir a gran escala, dio paso al desarrollo industrial de las *olefinas*. Dos de los alquenos más simples, etileno y propileno, son los compuestos orgánicos más producidos a nivel industrial.

El buteno (C_4H_8) fue encontrado por primera vez en 1825 por Michael Faraday en el aceite de gas. Es un alqueno con varios ordenamientos posibles, concretamente existen 4 isómeros:

- El 1-buteno de fórmula $H_2C=CH-CH_2-CH_3$
- El cis- y el trans-2-buteno $H_3C-CH=CH-CH_3$
 - cis: Los grupos metilo apuntan en la misma dirección.
 - trans: Los grupos metilo apuntan en direcciones opuestas.
- El isobutileno ó 2-metilpropeno $H_2C=C(CH_3)_2$

Figura No. 1.2 Fórmulas desarrolladas de 1-buteno, 2-buteno e Isobutileno.



Fuente: Elaboración propia a partir de Chang, Raymond, Química, McGraw-Hill, 2002.

Este estudio está enfocado en la producción de 1-buteno. Dicho compuesto se extrae principalmente de corrientes de C_4 provenientes de procesos de *Cracking* de gas L.P.⁴, naftas y gasóleo. Ya que la composición de estas fracciones de C_4 varían en cada proceso, la separación de 1-buteno de alta pureza con altos rendimientos es un reto para las empresas y los tecnólogos que ponen sus esfuerzos en variaciones en

⁴ Gas L.P.: gas licuado de petróleo compuesto principalmente de propano y butano.

las condiciones de proceso para que éste se lleve a cabo de la forma más rentable posible.

Los procesos de polimerización del 1-buteno requieren que este cuente con una pureza de al menos el 98%⁵, por lo que ha sido necesario realizar modificaciones en el proceso de producción con el fin de mejorar los rendimientos, elevar la pureza del producto final y si es posible, disminuir los costos de producción.

Varias técnicas han sido propuestas a lo largo del tiempo para lograr tener una producción que cumpla con las especificaciones requeridas teniendo los mejores rendimientos, pero siempre buscando el proceso más simple para la obtención de ahorros en el uso de la materia prima y sustancias participantes, así como la reducción de productos no deseados.

1.4.2 Conceptos

Con el fin de lograr una mejor comprensión al estudio realizado en el presente trabajo de tesis, será necesario definir varios conceptos que serán utilizados en el transcurso de la investigación.

Ya que se abarcan términos de diferentes áreas se decidió dividirlos en las siguientes categorías:

- ❖ Generales
- ❖ Proceso
- ❖ Económicos

Generales

Estudio

El estudio se entiende como la adquisición, asimilación y comprensión de algo, donde existe un desarrollo de aptitudes y habilidades mediante la incorporación de nuevos conocimientos.

⁵*Ibidem*, ABB Lummus Global.

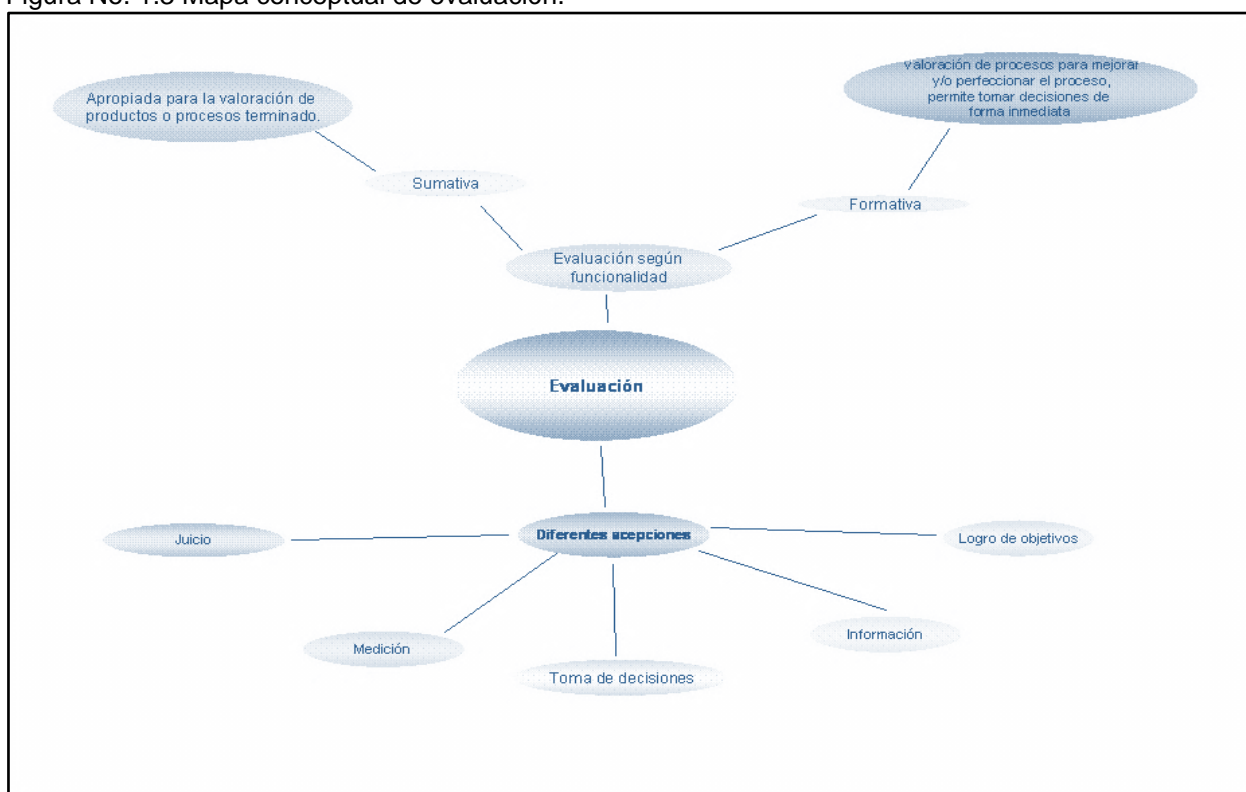
Es también el resultado de una investigación donde se han aplicado métodos y conocimientos, supone atención concentrada o acción deliberada para aprender un tema y resolver problemas.

Evaluación

Es la acción de estimar, apreciar, calcular o señalar el valor de algo⁶.

Se define como un “proceso orientado a la toma de decisiones y a la acción y gestión, que busca determinar la pertinencia, eficiencia, efectividad, impacto y sustentabilidad del uso de recursos, actividades y resultados en función de objetivos preestablecidos o criterios definidos”⁷.

Figura No. 1.3 Mapa conceptual de evaluación.



Fuente: Elaboración propia a partir de: Mapas evaluacion.gif de Wikimedia Commons. (Consultado el 24 septiembre, 2010)

⁶ Real Academia Española. Diccionario de la lengua española. 22 ed. 2001.

⁷ Ciceri Silvenses, Hugo Norberto, *Manual para elaboración del proyecto de tesis, caso práctico y otras opciones de graduación*, 2ª ed., Facultad de Química, U.N.A.M., México, 2007.

En la vida diaria nos enfrentamos en diferentes ocasiones a la necesidad de evaluar algo o a alguien. En cualquier caso, debemos recordar que una correcta evaluación implica:

- análisis de contexto
- determinación de criterios
- asignación de parámetros de referencia
- establecimiento de variables
- mediciones e indicadores

Tecnología

Es definida como el conocimiento científico aplicado sistemáticamente a la producción y distribución de bienes y servicios; es impulsada por la satisfacción de necesidades de la sociedad, la economía y los negocios.

La tecnología incluye técnicas empíricas, conocimiento tradicional, artesanía, habilidades, destrezas, procedimientos y experiencias que no están basados en la ciencia; es determinada tanto por las relaciones técnicas, como por las relaciones sociales, dentro de una formación social determinada.⁸

Es entendida como un conjunto ordenado de conocimientos y los correspondientes procesos que tienen como objetivo la producción de bienes y servicios, teniendo en cuenta la técnica, la ciencia y los aspectos económicos, sociales y culturales involucrados.

Cuando hablamos de una tecnología apropiada nos referimos a la “tecnología, procesos, productos y servicios, cuya naturaleza corresponde al medio ambiente, al entorno sociocultural y a las necesidades de amplios sectores de la población”, pero sobre todo a procesos viables económicamente.

⁸*Ibidem*, Ciceri, Hugo.

Tecnólogo⁹

El tecnólogo es un profesional que combina aspectos de la ciencia con los de la ingeniería, para lograr utilizar o descubrir cosas que mejoren la calidad de vida del ser humano.

Innovación

Debido a la falta de estandarización en el campo, existen tantas definiciones de innovación como autores. Según el diccionario de la Real Academia Española, innovación es la creación o modificación de un producto y su introducción en un mercado.

También podemos definirla como la introducción de una técnica, producto o proceso de producción o servicio nuevos; proceso que con frecuencia es seguido por una difusión¹⁰.

De forma amplia, siguiendo los planteamientos de Schumpeter, podemos clasificar la innovación en los siguientes cinco tipos¹¹:

- **innovación de producto o servicio:** Se produce cuando se introduce con éxito un nuevo producto o servicio en el mercado.
- **innovación de proceso (método de producción):** Tienen lugar cuando el resultado es una nueva forma de hacer un producto o prestar un servicio.
- **innovación organizativa o de gestión:** Son el resultado de cambios en las estructuras organizativas de la empresa, por ejemplo un nuevo organigrama, la introducción de la dirección por proyectos, etc.
- **innovación comercial:** Aparece como resultado del cambio de cualquiera de las diversas variables del marketing.

⁹ Sitio web de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual. <http://www.wipo.int/portal/index.html.es>, consultado el 03 mayo, 2012.

¹⁰ *Ibidem*, Ciceri, Hugo.

¹¹ Aguer, Mario; Pérez, Eduardo; Martínez, Joan, Administración y Dirección de Empresas: Teoría y ejercicios, Editorial Universitaria Ramón Areces, Madrid, 2004.

- **innovación de mercado:** Se produce cuando la empresa hace llegar sus productos a un mercado en el que hasta ahora no estaba presente o se abastece con nuevos proveedores.

Las innovaciones pueden ser:

- ✓ *Incrementales* (menores, continuas, acumulativas). Resultan en el mejoramiento de la variedad disponible de productos y procesos.
- ✓ *Mayores* (radicales). Resultan en nuevas tecnologías que originan nuevos productos, procesos o servicios.

Innovación tecnológica. Es la adaptación continua de las empresas al entorno de cambio incesante y cada vez más rápido, a fin de renovar su oferta, buscando una ventaja que les permita seguir siendo competitivos¹².

Proceso

Proceso

Se denomina proceso al conjunto de acciones o actividades sistematizadas que se realizan o tienen lugar con un fin determinado. Los procesos pueden ser químicos o mecánicos; es decir, pueden utilizar las fuerzas de acción química, calor, luz o electricidad logrando los resultados deseados.

Proceso químico

Es un método o los medios para cambiar uno o más productos químicos o compuestos químicos. Un proceso químico puede ocurrir por sí mismo o ser causado por alguien e implica comúnmente una reacción química de una cierta clase. En ingeniería, un proceso químico es un método previsto para ser utilizado en la fabricación a escala industrial, para cambiar la composición de sustancias químicas o de materiales, usando generalmente la tecnología similar o relacionada dentro de plantas químicas.

¹²*Ibidem*, Ciceri, Hugo.

Olefinas

Las Olefinas son compuestos que presentan al menos un doble enlace Carbono-Carbono. Es un término anticuado que está cayendo en desuso. La IUPAC ha internacionalizado el término alqueno.

Materia prima

También llamados insumos, son aquellos elementos que a través de un proceso son transformados en un bien, ya sea en un producto final o en un producto intermedio.

De igual forma, la materia prima puede considerarse como todo aquel elemento que se transforma e incorpora en un producto final¹³. Debe ser perfectamente identificable y medible, para poder determinar tanto el costo final de producto como su composición.

Producto

Un producto es cualquier cosa que se puede ofrecer a un mercado para satisfacer un deseo o una necesidad¹⁴. Se define como el resultado, el objeto final creado durante un proceso de trabajo.

Refinado II

Las corrientes que se utilizan en los procesos de producción de 1-buteno generalmente provienen de procesos de craqueo o refinación. Éstas corrientes en varios casos pueden contener alcanos C₄, además de los butenos.

El refinado II es una fracción de éstas corrientes que comprenden 1-buteno, cis/trans-2-buteno, un poco o nada de isobuteno así como n-butano e isobutano¹⁵. Un ejemplo de la composición que pueden contener estas fracciones se muestran en la tabla 1.1.

¹³ Cáseres, Esteban. Reporte:La Materia Prima. 2009.

¹⁴ Kotler, Philip, Dirección de Marketing, 10, Prentice Hall, 2001, México, p. 394

¹⁵ Basf Aktiengesellschaft, "Preparation of propene and, if desired, 1-butene", 6,887,434 United States Patents, May 3 2005.

Tabla No.1.1 Composición refinado II (% peso).

Componentes	Composición
Olefinas	80 – 85
Butenos:	15 – 20
1-buteno	25 – 50
2-buteno	30 – 55
Isobuteno	1 – 2 máx.

Fuente: BASF Aktiengesellschaft, United States Patents 6,887,434.May 3, 2005

Catalizador

Un catalizador se define como una sustancia que al actuar con los reactivos, acelera, induce o propicia la reacción pero no participa en ella, es decir, no es parte del producto.

En 1895 Ostwald definió a un catalizador de la siguiente manera: “Un catalizador es una sustancia que cambia la velocidad de una reacción química sin que ella misma aparezca en los productos”¹⁶. Con esto, podríamos asumir que un catalizador puede también disminuir la velocidad de reacción.

Sin embargo, la definición más aceptada actualmente es: Un catalizador es una sustancia que aumenta la velocidad con la cual una reacción se acerca al equilibrio sin estar permanentemente involucrada en la reacción¹⁷.

Polímeros

Se le llama polímeros a moléculas grandes que están formadas por repeticiones de varias unidades químicas simples llamados monómeros. Éstas cadenas pueden estar formadas en forma lineal o bien, ramificada. La longitud de la cadena viene especificada por el número de unidades que se repiten en la cadena¹⁸.

La macromolécula o molécula gigante es constituida por una multitud de unidades de repetición, por ejemplo el polietileno, en el cual están unidas por enlaces covalentes

¹⁶ M.W. Roberts, *Birth of the catalytic concept* (1800-1900). 2000, 67

¹⁷ Cuevas, Rogelio. Reporte: *Principios Químicos en el diseño de reactores*. UNAM México, 2008.

¹⁸ Wallace, Fred, *Ciencia de los polímeros*, Reverté, S.A., Barcelona, España 2008, 3.

por lo menos mil unidades de etileno (-CH₂CH₂-). La palabra polímero proviene de las palabras griegas que significan, “muchos” y “partes”¹⁹.

Polimerización

El proceso de polimerización es la reacción química en la que las moléculas de los monómeros se unen para formar polímeros. Los procesos de polimerización fueron divididos por Flory (1953) y Carothers (Mark 1940)²⁰ en dos grupos de polimerización:

Polimerización por adición

Implica una serie de reacciones, cada una de las cuales, consume una partícula reactiva y produce otra similar, mediante un mecanismo en cadena. Las partículas reactivas pueden ser radicales libres o iones.

Polimerización por condensación

En la formación del polímero, la condensación tiene lugar entre dos moléculas para producir una molécula mayor, con la posible eliminación de una molécula pequeña como el agua. La reacción continúa hasta que casi la totalidad de uno de los reactivos ha sido utilizada.

Económicos

Mercado

El concepto de mercado hace referencia a dos ideas que si bien, ambas tienen que ver con actividad comercial, éstas aluden a representaciones distintas. Por una parte se trata de un lugar físico especializado en las actividades de vender y comprar productos o en algunos casos servicios. En este lugar se instalan distintos tipos de vendedores para ofrecer diversos productos o servicios, y ahí es donde concurren los compradores con el fin de adquirir dichos bienes o servicios.

¹⁹ Seymour, Raimond B., *Polymer Chemistry, An Introduction*, Reverte, Barcelona, 2002, 15.

²⁰*Ibidem.* Seymour, Raimond B

La concepción de ese mercado está asociada a la evolución de un conjunto de movimientos (a la alza y a la baja) que se dan en torno a los intercambios de mercancías específicas o servicios y además en función del tiempo o lugar. Aparece así la delimitación de un mercado de productos, un mercado regional, o un mercado sectorial. Esta referencia ya es abstracta, pero analizable, pues se puede cuantificar, delimitar e inclusive influir en ella.

Según Kotler, P., mercado no es otra cosa que el total de individuos y organizaciones que son clientes actuales o potenciales de un producto o servicio²¹.

Demanda

En términos económicos conocemos a la demanda como la cantidad de bienes o servicios que estaría dispuesto y puede consumir nuestro mercado potencial para satisfacer sus necesidades o deseos.

A continuación algunos expertos en mercadotecnia y economía, dan su propia definición de demanda:

- ✓ “Es el deseo que se tiene de un determinado producto pero que está respaldado por una capacidad de pago”²².
- ✓ “Se refiere a las cantidades de un producto que los consumidores están dispuestos a comprar a los posibles precios del mercado”²³.
- ✓ “Es la cantidad de bienes o servicios que el comprador o consumidor está dispuesto a adquirir a un precio dado y en un lugar establecido, con cuyo uso pueda satisfacer parcial o totalmente sus necesidades particulares o pueda tener acceso a su utilidad intrínseca”²⁴.
- ✓ "La cantidad de un bien que los compradores quieren y pueden comprar"²⁵.

²¹ Kotler, Philip, *Dirección de Marketing*, 10a ed, Prentice Hall, México, 2001.

²² Kotler, Philip, *Dirección de Marketing*, 10a ed, Prentice Hall, México, 2001.

²³ Fischer, Laura; Espejo, Jorge, *Mercadotecnia*, 240, Tercera Edición, Mc Graw Hill.

²⁴ Andrade, Simón, *Diccionario de Economía*, 215, 3a ed., Andrade.

²⁵ Mankiw, Gregory, *Principios de Economía*, 42, 3a ed., Mc Graw Hill.

Oferta

La oferta podemos definirla como aquellos bienes y servicios que se ponen disponibles al mercado a un determinado precio, es decir, se pueden y se quieren vender.

Sin embargo los diferentes expertos tienen su propia definición, como son:

- "Número de unidades de un producto que será puesto en el mercado durante un periodo de tiempo"²⁶.
- El Diccionario de Marketing, de Cultural S.A., define la oferta como "La cantidad de bienes y/o servicios que los productores están dispuestos a vender en el mercado a un precio determinado. También se designa con este término a la propuesta de venta de bienes o servicios que, de forma verbal o por escrito, indica de forma detallada las condiciones de la venta".
- Kotler, Armstrong, Cámara y Cruz, autores del libro "Marketing", plantean la siguiente definición de oferta: "Combinación de productos, servicios, información o experiencias que se ofrece en un mercado para satisfacer una necesidad o deseo."
- Simón Andrade, autor del libro "Diccionario de Economía", define la oferta como "el conjunto de propuestas de precios que se hacen en el mercado para la venta de bienes o servicios".
- Gregory Mankiw la define como "la cantidad de un bien que los vendedores quieren y pueden vender".

Inversión

Representa colocaciones de dinero sobre las cuales una empresa o persona espera obtener algún rendimiento o beneficio a futuro, ya sea por la realización de un interés (dividendo) o mediante la venta a un mayor valor a su costo de adquisición.

Para Massé²⁷, en el acto de invertir tiene lugar el cambio de una satisfacción inmediata y cierta, a la que se renuncia, a cambio de la esperanza que se adquiere y

²⁶Sitio web: MarketingPower.com, de la American Marketing Association, Sección: Dictionary of Marketing Terms, URL: <http://www.marketingpower.com/mg-dictionary.php>, consultado el 18 de septiembre, 2010.

cuyo soporte está en el bien invertido. Por tanto, en toda inversión se produce un desembolso de efectivo o la aportación de bienes de los que se espera obtener unas cantidades superiores en el futuro.

Costo de producción

Una confusión muy común es la creencia que los conceptos de costo y gasto son sinónimos, sin embargo, esto es erróneo.

En general se entiende por gasto al sacrificio económico para la adquisición de un bien o servicio y que no se espera que pueda generar ingresos en el futuro. A diferencia de los gastos, los costos- por ejemplo de compra de materias primas - generarán probablemente un ingreso en el futuro, al ser transformados y vendidos como producto terminado.

Se le llama costo de producción (o de operación) a aquellos que son necesarios para llevar a cabo un proyecto; en nuestro caso particular, son todos los aportes económicos necesarios, que están involucrados en la elaboración de nuestro producto final.

Los costos de producción están en el centro de las decisiones empresariales, ya que todo incremento en los costos de producción por lo general significa una disminución de los beneficios de la empresa.

1.5 Estructura de la investigación

El presente trabajo de investigación fue desarrollado con objeto de conocer más acerca de la innovación y su impacto dentro de los procesos industriales. Para esto se requirió consultar distintas fuentes de información que nos proporcionaran datos sobre innovación, tecnólogos y procesos para su posterior análisis y evaluación; y así poder concluir respecto al tema que nos compete.

²⁷ Pierre Massé. Economista y elevado funcionario francés, se interesó en la teoría de la amortización económica, la teoría de la programación dinámica, entre otras.

Para una mejor comprensión de la investigación, ésta fue estructurada comenzando por un marco teórico donde se abarcan conceptos y se dan breves antecedentes importantes para el entendimiento del proceso.

Se llevo a cabo la tarea de investigar los actores principales en el proceso. Con la ayuda de la base de datos de patentes de los Estados Unidos, *US Patents*, donde ubicamos las patentes que hacían referencia al proceso de producción de 1-buteno y algunas derivadas. Con esto se pudieron identificar a los tecnólogos que en los últimos años han realizado avances en lo que se refiere a sus procesos de obtención.

Teniendo definidos a los tecnólogos, se hizo una breve investigación sobre su trayectoria y su posicionamiento en el ramo industrial, así como su participación en la publicación de patentes relacionadas con nuestro proceso.

De igual forma y con el objeto de tener más claro la importancia de patentes y la propiedad industrial, se obtuvo información sobre el concepto, los trámites, marco legal y usos de patentes a nivel nacional y mundial, por ser ésta una de las formas más usadas para innovación de tecnología y un gran referente del crecimiento económico e industrial de los países que lo explotan.

Luego de revisar las tecnologías patentadas, se identificaron las operaciones unitarias principales de cada proceso continuando con la descripción de cada una de ellas, dando sus características, condiciones, así como ventajas y desventajas para nuestro propósito. Esto con la ayuda de fuentes diversas incluyendo las patentes mencionadas.

Una vez analizado el uso, producción y operaciones involucradas para la obtención de 1-buteno, se continuó a realizar una evaluación para comparar y calificar aspectos de los proceso con el objetivo de definir el más eficiente o adecuado para nuestros propósitos.

En primera instancia se eligió un método de evaluación que nos permitiera definir, de una forma parcial y objetiva, la tecnología más adecuada conforme a los datos disponibles. Una vez que se eligió el método, las tecnologías fueron comparadas individualmente, calificando cada una de las categorías y asignándole una calificación global a cada una. A cada una de las categorías se le asignó un factor que dependía de su relevancia dentro del proceso.

Con la evaluación se pudo concluir e identificar las fortalezas y debilidades de los procesos, así como tener una base fuerte y sólida en caso de tener que seleccionar el más adecuado.

Finalmente, enfocándonos en el campo de la innovación, fueron presentadas las mejoras a los diferentes procesos y tecnologías, que aplicaron cada uno de los tecnólogos. Se plantearon las áreas de innovación explotadas por cada tecnólogo, así como las mejoras conseguidas después de su aplicación en el proceso, comparadas con las condiciones previas. Asimismo, se ejemplificaron algunos impactos económicos relacionados con la innovación, donde se muestra un caso en el que se modifican los pasos del proceso, obteniendo ahorros, tanto materiales como económicos. Con esto queda evidenciada la importancia de la innovación para la industria.

Cada una de las etapas de la investigación fue sustentada con una amplia bibliografía especializada, la cual es citada y mencionada a lo largo del trabajo.

Referencias

ABB Lummus Global, "Maximize butane-1 yields, a new reactor system capitalizes on shifting butane-2 to butene-1 from C4 fractions", *Hydrocarbon Processing*, 4 (2006).

Aguer, Mario; Pérez, Eduardo; Martínez, Joan, *Administración y Dirección de Empresas: Teoría y ejercicios*, Editorial Universitaria Ramón Areces, Madrid, 2004.

Andrade, Simón, *Diccionario de Economía*, 215, 3a ed., Andrade.

Basf Aktiengesellschaft, "Preparation of propene and, if desired, 1-butene", 6,887,434 United States Patents, May 3 2005

Cáseres, Esteban. Reporte: La Materia Prima. 2009.

Ciceri Silvenses, Hugo Norberto, *Manual para elaboración del proyecto de tesis, caso práctico y otras opciones de graduación*, 2a ed., Facultad de Química, U.N.A.M., México, 2007.

Cuevas, Rogelio. Reporte: *Principios Químicos en el diseño de reactores*. UNAM México, 2008.

Fischer, Laura; Espejo, Jorge, *Mercadotecnia*, 240, Tercera Edición, Mc Graw-Hill.

Kotler, Philip; Cámara, Dionicio; Grande; Idelfonso y Cruz, Ignacio, *Dirección de Marketing*, Edición del Milenio, Prentice Hall.

Kotler, Philip, *Dirección de Marketing*. Prentice-Hall, México, 2010.

Mankiw, Gregory, *Principios de Economía*, 42, 3a ed., Mc Graw Hill.

M.W. Roberts, *Birth of the catalytic concept (1800-1900)*. 2000.

Real Academia Española. Diccionario de la lengua española, 22 ed., 2001.

Seymour, Raimond B., *Polymer Chemistry, An Introduction*, Reverte, Barcelona, 2002.

Sitio web de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, <http://www.wipo.int/portal/index.html.es>, consultado el 03 mayo, 2012.

Sitio web: MarketingPower.com, de la American Marketing Association, Sección: Dictionary of Marketing Terms, URL: <http://www.marketingpower.com/mg-dictionary.php>, consultado el 18 de septiembre, 2010.

Wallace, Fred, *Ciencia de los polímeros*, Reverté, S.A., Barcelona, España 2008.

CAPÍTULO II

MERCADO DE TECNOLOGÍA

2 Mercado de tecnología

En el transcurso de este capítulo conoceremos más acerca de nuestro mercado a estudiar, los participantes, así como las diferentes formas como se realizan las transacciones dentro de este tipo de mercado. En nuestro caso, se trata de un mercado de tecnología, porque en él se manejan insumos tecnológicos y conocimiento.

Con la creación de las áreas de investigación y desarrollo dentro de las empresas, especialmente hacia finales del siglo XIX, las principales empresas en Europa Occidental y Estados Unidos comenzaron a desarrollar su propia tecnología. Esto se ha visto representado, por ejemplo, por el crecimiento económico de Estados Unidos en el siglo XX, desde la perspectiva de la empresa postulado por Chandler (1990). Para éste, la aplicación sistemática de la ciencia se produce dentro de los sectores más organizados de la empresa, a medida que la producción de nuevos conocimientos se combina con su aplicación a través de inversiones mutuamente complementarias en investigación, producción y comercialización²⁸.

Se han identificado tres principales motivos que explican el amplio crecimiento en este tipo de mercados:²⁹

1. La existencia de sectores industriales muy dinámicos en la aplicación comercial de resultados científicos.
2. La protección más estricta de los derechos de propiedad intelectual, que favorece sobre todo el suministro de tecnología a las empresas más pequeñas, carentes de activos complementarios para el desarrollo interno de la tecnología y su comercialización.
3. La tendencia creciente en las empresas a buscar e incorporar conocimiento externo para sus procesos de innovación

²⁸ Arora, Ashish; Fosfuri, Andrea; Gambardella, Alfonso. *Los mercados de tecnologías en la economía del conocimiento*. Organización de Estados Americanos, Madrid, 2001.

²⁹ Centro de Predicción Económica. *Mercado de Tecnología. Estrategias y Características*. Facultad CC.EE. y EE., UAM, Madrid 2010

2.1 Patentes

¿Qué es una patente?

Una patente es el reconocimiento legal gubernativo que otorga, por un periodo específico, derechos de propiedad monopólicos (exclusivos) para explotar una invención. Implica un derecho exclusivo, concedido en virtud de la ley, para la explotación de una invención³⁰.

Otra forma de definir a una patente es como el derecho de propiedad especial que el titular de una invención ostenta sobre la innovación registrada, el cual le habilita para la explotación exclusiva de la innovación en cuestión durante un periodo fijado por la Ley³¹. Las patentes, también conocidas con el nombre de patentes de invención, son el medio más generalizado que existe para proteger los derechos de los inventores.

El documento que hace oficial los derechos que te otorga la patente se le denomina título de la patente y es expedido por el gobierno a través de una institución federal.

En este punto, es importante que recordemos que una invención es toda creación intelectual que permite transformar la materia o la energía que existe en la naturaleza para su aprovechamiento por el hombre, a través de la satisfacción inmediata de una necesidad concreta³².

Tipos de patentes

Aunque no todos los métodos o teorías son patentables, cómo los métodos de tratamientos médicos, dentro de la industria química podemos considerar 4 categorías de patentes, los cuales describiremos a continuación³³:

- procesos
- máquinas
- manufacturas
- composición de la materia

³⁰ Ciceri Silvenses, Hugo Norberto, Manual para elaboración del proyecto de tesis, caso práctico y otras opciones de graduación, 2ª ed., Facultad de Química, U.N.A.M., México, 2007.

³¹ Jiménez, Guillermo J., Derecho Mercantil I, 13a ed., Ariel, Barcelona, 2009.

³² Daus, Donald, "What can be patented?", Chemical Engineering, (1982), august 23, 74.

³³ Colli, Juan A., Metodología para la selección de procesos, Tesis UNAM, México, 2006.

Patente y Secreto Industrial.

Junto con las patentes, los secretos industriales constituyen la forma principal de protección jurídica de las invenciones sobre todo las biotecnológicas o bien las de procesos.

El Art. 82 de la Ley de la Propiedad Industrial estipula que: *“Se considera secreto industrial a toda información de aplicación industrial o comercial que guarde una persona física o moral con carácter confidencial, que le signifique obtener o mantener una ventaja competitiva o económica frente a terceros en la relación de actividades económica y respecto de la cual haya adoptado las medidas o sistemas suficientes para preservar su confidencialidad y el acceso restringido a la misma.*

La información de un secreto industrial necesariamente deberá estar referida a la naturaleza, características o finalidad de los productos; a los métodos o procesos de producción; o a los medios o formas de distribución o comercialización de productos o prestación de servicios. No se considerará secreto industrial aquella información que sea del dominio público, la que resulte evidente para un técnico en la materia, con base en información previamente disponible o la que deba ser divulgada por disposición legal o por orden judicial. No se considerará que entra al dominio o que es divulgada por disposición legal aquella información que sea proporcionada a cualquier autoridad por una persona que la posea como secreto industrial, cuando la proporcione para el efecto de obtener licencias, permisos, autorizaciones, registros, o cualesquiera otros actos de autoridad”.

El Secreto Industrial de acuerdo con la definición anterior cuenta con ciertos requisitos:

- Información de aplicación industrial o comercial este concepto tiene equivalencia con el requisito de patentes. La expresión aplicable en este particular sentido, debe ser interpretada en su forma más amplia, aun cuando en la práctica no se hubiese puesto en práctica, sus posibilidades de ser

implementada la ubiquen como información merecedora de la tutela de este régimen

- Sea guardada con carácter confidencial
- Signifique obtener o mantener ventaja competitiva o económica ante terceros
- Se haya adoptado los medios o sistemas suficientes para preservar la confidencialidad y
- El acceso restringido

El derecho de una patente exige que el titular divulgue su invención de tal manera que pueda reproducirse por terceros; la esencia misma del secreto implica que no se divulgue³⁴. Hay importantes diferencias en la manera en que se asegura el respeto del secreto o de la patente, entre ellas:

Tabla No. 2.1 Diferencias entre patente y secreto industrial.

	PATENTES	SECRETOS INDUSTRIALES
Tiempo de protección	20 años	Indefinido
Requisitos de obtención	Se requiere acreditar elementos de: -Novedad -Nivel inventivo -Aplicación industrial	No requiere un aparato administrativo complejo ni efectuar juicio sobre el nivel inventivo de las tecnologías protegidas.
Precauciones	Las patentes otorgan un conjunto de derechos, definidos legalmente, de una duración determinada.	Los secretos industriales tienen una protección que depende de las precauciones que tome el titular a su respecto y aún si dichas precauciones son efectivas no pueden impedir que terceros desarrollen la misma tecnología en forma independiente y que luego la divulguen.
Ámbito de protección	Implica que la entidad encargada de preservar la titularidad del invento patentado, establece un bloqueo sobre la actividad de quienes desean utilizar dicha invención, con fines funcionales, dentro de sus	No inhibe a potenciales usuarios o competidores del titular de la tecnología respecto a la obtención independiente de la misma.

³⁴Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial, *Ayuda para el llenado de formatos Respecto a los trámites de invenciones ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial*, México, 2012.

	actividades productivas.	
Derechos otorgados	<p>Las patentes otorgan un derecho exclusivo respecto de la invención patentada.</p> <p>Para quien explota el invento sin la autorización de su titular no es posible argumentar que lo ha obtenido por medios independientes.</p>	Otorga al titular de tales conocimientos el derecho a que los mismos no sean objeto de apropiación por terceros no autorizados que actúen por medios ILÍCITOS.
Reserva de empleados	Como la información protegida por la patente es de conocimiento público, su divulgación tiende a ser jurídicamente irrelevante y el empleado, igual que cualquier tercero, está inhibido de explotar la invención durante el término de la patente, sin autorización del titular de ésta, subsista o no la relación laboral.	Se impone sobre los empleados una serie de obligaciones implícitas. Deben abstenerse de comunicar tales conocimientos a terceros y de utilizarlos en el ámbito de otras empresas o para actividades hechas en interés propio (subsista o no la relación laboral pertinente).
Explotación	<ul style="list-style-type: none"> - Explotación o uso de la invención patentada. - Pago de tasas periódicas. 	<p>-La decisión de no explotar el secreto industrial carece de efectos jurídicos propios. Tampoco se pagan tasas.</p> <p>-Sólo se requiere tomar precauciones para impedir que terceros tengan acceso a esa tecnología y a informar a quienes entren en contacto con ella que ésta tiene carácter de confidencial.</p>

Fuente: Elaboración propia a partir de <http://www.sni.org.pe/servicios/legal/reportelega>, consultada el 26 de octubre del 2012.

Vigencia.

En México, una patente otorga a su titular el derecho exclusivo de explotación por un período de 20 años y de 10 para los registros de modelos de utilidad, a cambio de que se le dé a conocer a la sociedad estos conocimientos. En la Ley de la Propiedad Industrial se establece que el titular de una patente deberá explotarla, por sí mismo o a través de un licenciataria, bien por la utilización o fabricación del invento en el país o mediante la importación y venta subsecuente del producto patentado u obtenido por el proceso patentado. La protección por patente es de tipo territorial, es decir,

sólo es válida donde se concede³⁵, ya que no existe una norma universal que regule este factor. Sin embargo se puede obtener protección a una patente de forma internacional en muchos países de forma simultánea, registrando la misma patente en cada uno de los territorios que se desea proteger determinada invención.

Es importante diferenciar las dos funciones principales del sistema de patentes:

- La protección por patente se otorga con carácter territorial, es decir, se limita a determinado país o región; mientras que,
- La información sobre patentes se divulga a escala mundial, es decir, cualquiera puede sacar provecho de esa información en cualquier lugar del mundo.

Tratados Internacionales sobre la propiedad intelectual

Desde el siglo XIX, los gobiernos de diversos países han tenido la iniciativa de proteger el derecho de autor y la propiedad industrial de sus ciudadanos creativos, motivo por el cual se han dado a la tarea de establecer leyes en diferentes momentos. Este desarrollo de la creatividad y la aplicación de una legislación, han tenido efectos a nivel internacional gracias a la fluidez con que las obras intelectuales se exportan a otros países, pues el idioma, la cultura y las tradiciones no son un obstáculo para ello. Esto ha dado lugar al establecimiento de convenciones, a las cuales se han adherido una gran cantidad de países:

³⁵Sitio web del Instituto Mexicano de la Propiedad Intelectual. Formato de ayuda para el llenado de formatos respecto a los trámites de invenciones ante el instituto mexicano de la propiedad industria, http://www.impi.gob.mx/work/sites/IMPI/resources/LocalContent/1251/4/guia_formato_patentes.pdf. consultado el 24 septiembre, 2010.

Figura No. 2.1 Convenciones celebradas para la protección de la propiedad intelectual.

Instrumento	Fecha de surgimiento	Nivel de protección	Número de países adheridos
Convenio de París	20 de Marzo de 1883	Propiedad industrial	171
Convenio de Berna	9 de Septiembre de 1886	Obras literarias y artísticas	163
Convención de Roma	26 de Octubre de 1966	Artistas, intérpretes, productores de organismos de radiodifusión	83

Fuente: Elaboración propia a partir de Guzmán López Clara, *Edición y derecho de autor en las publicaciones de la UNAM*.

A raíz de la “Exposición Internacional de Invenciones de Viena”, en 1873, se hizo patente a nivel mundial la protección intelectual, pues algunos expositores no asistieron por el temor de que sus creaciones fueran copiadas y explotadas. Así, en 1883 se estableció el Convenio de París para la Protección de la Propiedad Industrial, para entrar en vigor en 1884 con la participación de 14 naciones. Este fue el primer tratado internacional para la protección de la propiedad intelectual en otros países, en lo relacionado con las patentes, las marcas y los diseños industriales.

➤ Convenio de París

Desde su establecimiento, el Convenio de París ha tenido diversas revisiones: Bruselas, el 14 de diciembre de 1900; Washington, el 2 de junio de 1911; La Haya, el 6 de noviembre de 1925; Londres, el 2 de junio de 1934; Lisboa, el 31 de octubre de 1958; Estocolmo, el 14 de julio de 1967, y una corrección el 28

de septiembre de 1979. Actualmente se encuentran asociados 171 países. La incorporación de México al Convenio de París entró en vigor el 26 de julio de 1976, luego de solicitar su adhesión el 21 de abril de ese mismo año.

La convención establece que, los nacionales de cada uno de los países de la Unión gozarán en todos los demás países de la Unión, en lo que se refiere a la protección de la propiedad industrial, de las ventajas que las leyes respectivas concedan actualmente o en el futuro a sus nacionales, todo ello sin perjuicio de los derechos especialmente previstos por el Convenio. En consecuencia, aquéllos tendrán la misma protección que éstos y el mismo recurso legal contra cualquier ataque a sus derechos, siempre y cuando cumplan las condiciones y formalidades impuestas a los nacionales.³⁶

Los ciudadanos de estados no contratantes también estarán protegidos por la convención si están vecindados o tienen un establecimiento industrial o comercial real y efectivo en alguno de los estados contratantes.

Esta convención dispone el Derecho de prioridad en el caso de patentes (y modelos prácticos, si los hay), marcas y diseños industriales. Este derecho significa que, sobre la base de una primera solicitud regular presentada en alguno de los estados contratantes, el solicitante podrá pedir protección en cualquiera de los otros estados contratantes, dentro de un determinado plazo; entonces, esas últimas solicitudes serán consideradas como si hubieran sido presentadas el mismo día que la primera solicitud.

La convención establece unas cuantas reglas comunes que todos los estados contratantes deben aplicar. Algunas de ellas, en relación con patentes, son:

Las patentes concedidas en distintos estados contratantes para un mismo invento son independientes unas de otras; la concesión de una patente en un estado contratante no obliga a los demás estados contratantes a otorgar una patente. El inventor tiene derecho de ser reconocido como tal en la patente.

³⁶Convenio en París para la Protección de la Propiedad Industrial del 20 de Marzo de 1883, Art. 2.

Autoridad Nacional

La autoridad en materia de propiedad industrial en nuestro país es el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI). Éste es un organismo público descentralizado con personalidad jurídica y patrimonio propio, con la autoridad legal para administrar el sistema de propiedad industrial.

Fue creado el 10 de diciembre de 1993, con el objetivo de brindar apoyo técnico y profesional a la Secretaría de Economía, así como otorgar protección a través de patentes, registros de modelos de utilidad³⁷ y diseños industriales. De igual forma promueve la actividad inventiva y la cooperación internacional mediante intercambio de experiencias administrativas y jurídicas, entre otras.

A través de su portal de internet, pone a disposición de los interesados información sobre la gaceta de la propiedad industrial así como trámites y formatos de los servicios que proporciona en marcas, patentes, litigios, información tecnológica y un compendio donde se pueden encontrar las tarifas aplicables al servicio solicitado.

Autoridad Internacional

Las solicitudes de patente podrán iniciar su trámite internacional si al solicitante le interesa obtener protección en otros países para su tecnología.

La Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI)³⁸ es un organismo especializado del sistema de organizaciones de las Naciones Unidas. Su objetivo es desarrollar un sistema de propiedad intelectual (P.I.) internacional, que sea equilibrado, accesible y recompense la creatividad, estimule la innovación y contribuya al desarrollo económico, salvaguardando a la vez el interés público.

Se estableció en 1967, con la aprobación de los estados miembros para fomentar la protección de la propiedad intelectual en todo el mundo, mediante la cooperación de

³⁷ Invención de menor altura inventiva que las protegidas por las patentes, consistente en dar a un objeto una configuración, estructura o constitución de la que resulte alguna ventaja práctica para su uso o fabricación.

³⁸ Sitio web de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, http://www.wipo.int/about-wipo/es/what_is_wipo.html, consultado el 23 septiembre, 2010.

los estados y la colaboración con otras organizaciones internacionales. Su sede se encuentra en Ginebra, Suiza.

Actualmente la OMPI cuenta con 184 estados miembros, más del 90% del total de países del mundo. Dentro de ésta organización existe la Clasificación Internacional de Patentes (CIP), establecida por el Arreglo de Estrasburgo de 1971, la cual prevé un sistema jerárquico de símbolos independientes del idioma para clasificar las patentes y los modelos de utilidad con arreglo a los distintos sectores de la tecnología a los que pertenecen.

La CIP divide la tecnología en ocho secciones, con unas 70,000 subdivisiones, cada una de las cuales cuenta con un símbolo que consiste en números arábigos y letras del alfabeto latino.

Los símbolos correspondientes de la CIP se indican en los documentos de patente (solicitudes y patentes conferidas publicadas), de los que en los últimos 10 años se emitió más de 1.000.000 por año. Las oficinas nacionales o regionales de propiedad industrial que publican el documento de patente se encargan de asignar los símbolos de la CIP. Para los documentos del Tratado de Cooperación en materia de Patentes (PCT), los símbolos de la CIP son asignados por la Administración encargada de la Búsqueda Internacional (ISA).

La clasificación es indispensable para la recuperación de los documentos de patente durante la búsqueda en el "estado de la técnica". Se valen de esa recuperación las autoridades que conceden patentes, los eventuales inventores, las unidades de investigación, desarrollo y demás interesados en la aplicación o el desarrollo de la tecnología.

Solicitudes de patentes

Para poder patentar una invención se debe presentar una solicitud en la oficina de patentes del país donde se desea patentar.

Los requisitos y el procedimiento para la concesión de patentes, así como el precio de éstas, pueden variar de un país a otro. En el caso de México, el IMPI pide que se

consideren tres requisitos fundamentales, que se deben cumplir, antes de hacer la solicitud de una patente:

- Novedad (a nivel mundial)
- Actividad inventiva (que las innovaciones no sean obvias para alguien con conocimiento en el área) y
- Aplicación industrial (que la invención pueda ser producida o utilizada en cualquier rama de la actividad económica).

Derechos que otorga una patente

El titular de una patente tiene el derecho de decidir quién puede (o no puede) utilizar la invención patentada durante el período en el que está protegida la invención. El titular de la patente puede dar su permiso, o licencia, a terceros para utilizar la invención de acuerdo a términos establecidos de común acuerdo.

El titular puede asimismo vender el derecho a la invención a un tercero, que se convertirá en el nuevo titular de la patente. Cuando la patente expira, también lo hace la protección y la invención pertenece ahora al dominio público; es decir, el titular deja de tener derechos exclusivos sobre la invención, que pasa a estar disponible para la explotación comercial por parte de terceros.

Marco legal

Existe un marco legal sobre propiedad industrial donde se abarcan los derechos y obligaciones de los involucrados. México en conjunto con países como Argelia, Japón, Panamá, China, Letonia, Lituania, Croacia, Egipto, India, Vietnam, Rumania, Estonia, Luxemburgo, Bolivia, Brasil, Eslovaquia, entre otros, es participe de la Convención para la Salvaguardia del Patrimonio Cultural Inmaterial, adoptada por la UNESCO en octubre del 2003³⁹. Los temas centrales de la Convención son la salvaguardia, el respeto y la sensibilización hacia el patrimonio inmaterial. Entre los ámbitos donde se manifiesta este patrimonio son tradiciones y expresiones orales,

³⁹Sitio web de la UNESCO: http://portal.unesco.org/es/ev.php-URL_ID=33882&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html, consultado el 16 julio, 2012.

artes de espectáculo, usos rituales y festivos, usos relacionados con la naturaleza y el universo y técnicas artesanales tradicionales.

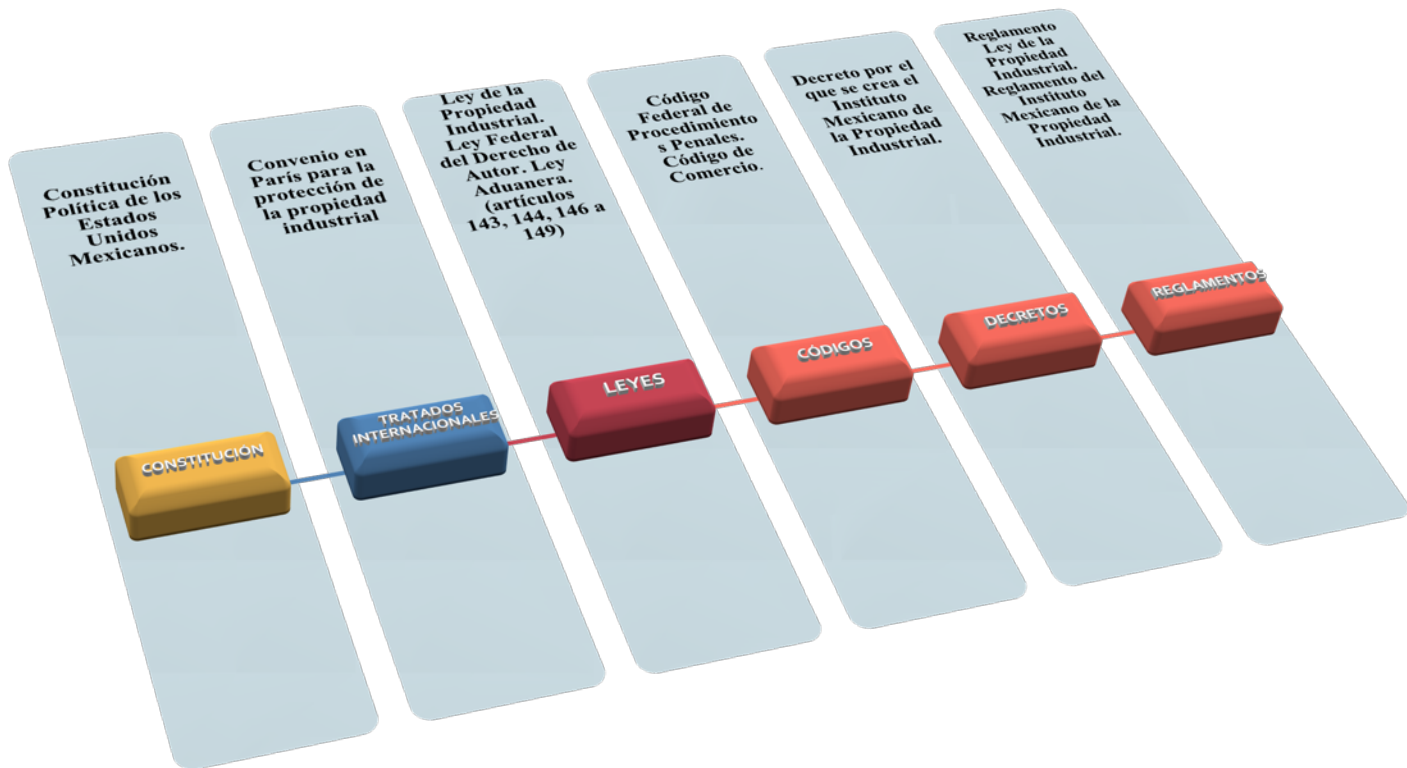
Para proteger y promover el patrimonio cultural inmaterial se establecen órganos internacionales, como el Comité Intergubernamental para la Salvaguardia del Patrimonio Cultural Inmaterial, así como la Declaración establece y determina las funciones de Estados Partes a nivel nacional.

En México, el marco legal que rige la protección de propiedad industrial está compuesto por la Constitución, Tratados Internacionales, Leyes Federales (Ley de la Propiedad Industrial, la Ley Federal del Derecho de Autor, Ley Aduanera art. 143, 144, 146 a 149),⁴⁰ las cuales tienen por objeto promover y fomentar la actividad inventiva de aplicación industrial, la protección y salvaguarda del acervo cultural y la propiedad industrial, la protección de derechos de autor, favorecer la creatividad para el diseño, así como establecer condiciones de seguridad jurídica entre las partes en operaciones de franquicias.

Además de leyes, se cuenta con códigos, decretos, reglamentos estatutos y acuerdos, todos con el objetivo de proteger y regular los derechos de propiedad industrial en nuestro país.

⁴⁰Sitio web del Instituto Mexicano de la Propiedad Intelectual: http://www.impi.gob.mx/wb/IMPI/marco_juridico_nacional_v2, consultado el 16 julio, 2012.

Figura No. 2.2 Marco regulatorio en México sobre propiedad industrial.



Fuente: Elaboración propia.

2.2 Licencias

¿Qué es una licencia?

Al contrato de licencia de tecnología se le define como un acuerdo entre una firma (licenciante de tecnología) y el recipiente potencial (concesionario, licenciataria), por medio del cual, bajo ciertas condiciones, el licenciante pondrá a disposición del concesionario, ciertos elementos tecnológicos: *know-how*⁴¹, tecnología de organización, producción y distribución.

La concesión de licencias se basa en los derechos exclusivos que confiere una patente y consiste en el permiso que otorga el titular de una patente a otra persona para utilizar la invención patentada conforme a unos términos y condiciones

⁴¹*Know-how*, es el conocimiento técnico no divulgado, confidencial, práctico y no patentado; experiencia profesional, destrezas y habilidades acumuladas para la producción y distribución de bienes y servicios.

mutuamente acordados, sin que el titular de la patente deje de disfrutar de sus derechos⁴². Además crea un marco jurídico donde para transferir la tecnología y que esta pueda seguir desarrollándose de la mano de un grupo más amplio de investigadores.

Dado que la licencia es un contrato en el que se estipulan esas obligaciones, el incumplimiento de las mismas puede dar lugar a la rescisión del contrato de licencia y a la restitución de los derechos de explotación al licenciante. Es decir, una licencia es anulable.

Derechos y obligaciones.

La concesión de una licencia de explotación de una patente está acompañada generalmente de la obligación de obtener resultados por el titular de la licencia. Esas obligaciones son de dos clases:

- Etapas a alcanzar antes de la entrada en el mercado, y
- Objetivos de venta después de la entrada en el mercado

Esas etapas pueden consistir, por ejemplo, en ejecutar una prueba de validación, en realizar un prototipo, en construir una fábrica piloto, en reunir ciertas obligaciones reglamentarias, en superar las fases de experimentación clínica, etcétera.

Al definir esas etapas, el titular de la licencia avanza hacia su entrada en el mercado y continúa ejerciendo los derechos que le confiere la licencia. Si el titular de la licencia no reúne esas condiciones, el propietario de la patente puede rescindir el contrato de licencia y recuperar la patente.

De esta manera, el propietario de la patente se asegura de que el titular de la licencia no deja de lado la patente, es decir, no permanece inactivo, sin tratar de comercializar la invención y de obtener beneficios económicos para el propietario.

⁴² Sitio web de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual: <http://www.wipo.int/patent-law/es/developments/licensing.html>, consultado el 24 septiembre, 2010.

Por varias razones de prudencia comercial, el titular de la licencia puede decidir no continuar explotando la patente.

El propietario de la patente puede preocuparse por el hecho de que si no se cumplen las obligaciones previas a la entrada en el mercado, el aplazamiento de la utilización de la patente por el titular de la licencia pueda bloquear definitivamente la entrada en el mercado, impidiendo al propietario de la patente percibir las regalías.

Existen dos formas de pagar la concesión de una licencia, de acuerdo a las preferencias del titular de la patente:

- Regalías
- Contrato de venta a precio alzado

Regalías

Se consideran regalías, entre otros, los pagos de cualquier clase por el uso o goce temporal de patentes, certificados de invención o mejora, marcas de fábrica, nombres comerciales, derechos de autor sobre obras literarias, artísticas o científicas, incluidas las películas cinematográficas y grabaciones para radio o televisión, así como de dibujos o modelos, planos, fórmulas, o procedimientos y equipos industriales, comerciales o científicos, así como las cantidades pagadas por transferencia de tecnología o informaciones relativas a experiencias industriales, comerciales o científicas, u otro derecho o propiedad similar.⁴³

Las regalías se pagan generalmente durante todo el período de validez de la patente, como puede ser lo que queda del plazo de 20 años de la validez de una patente. De ahí que, cuando se trata de una licencia, el monto de las regalías pueda elevarse al máximo durante ese plazo.

En el caso de una licencia, el incumplimiento del pago de las regalías constituye una violación del contrato de licencia y el licenciante puede rescindir ese contrato. Esta es una disposición contractual importante en un contrato de licencia que puede servir

⁴³ Diario Oficial de la Federación, *Código Fiscal de la Federación*, Art 15-B, 2011.

para disuadir al licenciatarlo de incumplir su obligaci3n de pagar las regalías, dado que ese incumplimiento podría ocasionar la p3rdida de los derechos que le confiere la licencia.

Ésta pr3ctica, del pago de regalías, se desarroll3 con el fin de buscar la protecci3n intelectual de los resultados con su consecuente comercializaci3n.

Se pueden citar ejemplos, de la primera mitad del siglo pasado, sobre pago de regalías. En el ańo de 1939, el profesor Selman Waksman de la Universidad de Rutgers descubri3 la estreptomocina, resultado de un trabajo en colaboraci3n con el laboratorio Merck & Co. La estreptomocina fue patentada por la universidad y comercializada por el laboratorio, permitiendo a la primera, recibir cerca de 16 millones de d3lares en regalías durante la vigencia de la patente.⁴⁴

Contrato de venta a precio alzado

Cuando el propietario de la patente prefiere recibir una suma en lugar de percibir regalías, la cesi3n puede ser la mejor forma de comercializaci3n. El pago de una suma alzada puede ser una de las condiciones del contrato de licencia. Sin embargo, si s3lo se paga esa suma y no se acompańa del pago de regalías, la persona que hace el pago considerar3, en general, esa suma como el precio de compra de la patente. Y puede que pretenda obtener la cesi3n definitiva e irrevocable de la patente, m3s bien que un contrato de licencia revocable.

Como se mencion3 anteriormente, es posible recibir regalías durante un períođo hasta de 20 ańos.

En este caso, a largo plazo, el titular de la patente corre el riesgo de tener que hacer frente a dificultades t3cnicas, a perturbaciones del mercado, a dificultades de reglamentaci3n o, incluso, a la competencia de otro producto que entra en el mercado y provoca la disminuci3n de las regalías que debería percibir.

⁴⁴ Trens Flores, Ernesto. *Patente de los resultados de investigaci3n biom3dica*. Revista de la Facultad de Medicina, no. 003, mayo 2006

Sin embargo, en lugar de optar por el pago aleatorio de regalías por una licencia, el propietario de la patente puede preferir percibir desde el comienzo un pago a precio alzado que representa el valor total de la patente. En este caso, la cesión puede considerarse preferible a la licencia.

Al ceder su patente, el titular transfiere al cesionario esos riesgos de disminución de las regalías en caso de dificultades técnicas, perturbación del mercado, dificultades de reglamentación o de productos competidores. El pago de esa suma única alzada que recibe el cedente no es reembolsable si esos riesgos se concretan.

La desventaja para el titular de la patente es que el monto del contrato a precio alzado se calcula en el momento de la cesión sobre la base del valor de la patente en ese momento. Esto significa que esos riesgos se tendrán en cuenta en el cálculo del precio alzado, así como una tasa de descuento por concepto del beneficio inmediato de la percepción de esa suma en dinero, que, si se hubiera pagado en forma de regalías, hubiera llegado a ser, a largo plazo, una suma más importante.

2.3 Tecnólogos en la producción de 1-buteno y sus co-polímeros.

Diferentes tecnólogos se han dedicado a la investigación y el desarrollo en la producción de 1-buteno, así como sus procesos de polimerización. Debido a la variedad de métodos que existen para su obtención cada uno de ellos, basados en la complejidad del proceso, las materias primas empleadas y el equipo utilizado, se dieron a la tarea de investigar y desarrollar las innovaciones que los mantuvieran en una posición competitiva. Aquí se presentan los rasgos de los tecnólogos más representativos para 1-buteno.

2.3.1 BASF Aktiengesellschaft

Originaria de Ludwigshafen, Alemania, BASF (Badische Anilin & Soda-Fabrik) es fundada en 1865 por Friedrich Engelhorn. En sus inicios, la empresa se dedicaba fundamentalmente a los colorantes, desde materias primas, procesos de producción hasta compuestos intermedios.⁴⁵

Hoy en día, es la empresa química más grande del mundo, clasificada así por la revista “*Fortune*” en febrero del 2005. Con una amplia variedad de productos, abarca más de 70 mercados, como las pinturas, productos para construcción, industria automovilística y la industria de los plásticos.

2.3.2 Basell Polyolefine GmbH⁴⁶

Empresa alemana fundada en la ciudad de Wesseling, ésta compañía funciona ahora como una subsidiaria de la empresa Lyondell Basell Industries que se encarga de la producción de granulados o pellets de plástico para la elaboración de diferentes productos.

La fusión de Basell y Lyondell Chemical Company se concreta en Diciembre del 2007 para conformar lo que hoy en día es una de las empresas más grandes de polímeros, químicos y combustibles.

2.3.3 Institut Français du Pétrole⁴⁷

El Instituto Francés del Petróleo es un organismo público de investigación en Francia, fundado en 1944 como Instituto de Petróleo, Combustibles y Lubricantes.

Fue destinado a desarrollar tecnologías y materiales del futuro en los ámbitos de la energía, el transporte y el medio ambiente. Proporciona a agentes públicos y a la industria, soluciones innovadoras para una transición sin

⁴⁵ Sitio web de BASF <http://www.basf.com.mx/Mexico/home/interior>, consultado el 2 de octubre del 2010.

⁴⁶ Sitio web de Basell <http://www.lyondellbasell.com/LandingPages/Basell>, consultado el 2 de octubre del 2010.

⁴⁷ Sitio web del I.F.P. <http://www.ifpenergiesnouvelles.com/>, consultado el 2 de octubre del 2010.

problemas a las energías y los materiales del mañana de forma eficiente, económica, limpia y sustentable.

Fomenta la transferencia de conocimientos entre la investigación fundamental a largo plazo, la investigación aplicada y el desarrollo industrial. Es financiado conjuntamente por un presupuesto del Estado y por los recursos proporcionados por socios privados internacionales y franceses.

2.3.4 Equistar Chemicals, LP⁴⁸

Al igual que Basell, Equistar Chemicals es una subsidiaria propiedad de Lyondell Basell Industries.

Equistar es uno de los más grandes productores de etileno, propileno y polietileno en Norteamérica, además de ser líder productor de óxido de etileno, etilenglicol, polímeros especiales de alto valor agregado y polvos poliméricos.

2.3.5 Nippon Zeon Co. Ltd⁴⁹

Fundada en Abril de 1950 en Chuo-ku, Tokio en Japón, para la manufactura y venta de plásticos. Esta empresa inicia con un capital de 5 millones de yenes (equivalente en ese entonces a 1,800 millones de dólares americanos). Y crece gracias a avances en las tecnologías de manufactura de PVC y extracción de butadieno. Para el año de 1973 se funda *Nippon Zeon of America Inc.*

La empresa continúa con trabajos en el desarrollo de resinas de hidrocarburos C₅, polímeros, elastómero termoplásticos, etc. Invirtiendo una parte importante en la innovación de tecnologías, hoy en día es una empresa con poco más de 24 billones de yenes (equivalente a \$305, 760,000.00 dólares americanos) de capital, con presencia en países de Asia, Oceanía, Europa y América.

⁴⁸ Sitio web de Equistar, <http://www.lyondellbasell.com/LandingPages/equistar/>, consultado el 2 de octubre del 2010.

⁴⁹ Sitio web de Nippon Zeon, http://www.zeon.co.jp/welcome_e/profile/history.html, consultado el 2 de octubre del 2010.

2.3.6 Exxon Mobil Research and Engineering Company⁵⁰

Por último, pero no por ellos menos importante tenemos a Exxon Mobil, que tras el “boom” provocado por el coronel Edwin Drake y Billy Smith después de que perforarán con éxito el primer pozo petrolero en 1859. En 1870, Rockefeller y sus asociados constituyen la *Standard Oil Company*, que sería la empresa con mayor capacidad de refinación en el mundo.

Durante los últimos 125 años Exxon Mobil ha pasado de ser un vendedor regional de queroseno en los EE.UU. a ser la mayor empresa petrolera y petroquímica que cotiza en la bolsa. Sus marcas más conocidas alrededor del mundo son: Exxon, Eso y Mobil.

Dentro de los tecnólogos también encontramos al Institut Khimicheskoi Fiziki an SSSR (Instituto de Química-Física de la antigua Unión Soviética) mismo que se encuentra localizado en Moscú. Ha realizado diferentes e importantes aportes, con la publicación de gran cantidad de patentes sin embargo, debido al manejo de información del país, no fue posible encontrar mayores datos con el propósito de conocer más acerca de la institución.

2.4 Publicación de patentes 1-buteno.

La inversión en investigación para el desarrollo de nuevas tecnologías y/o productos es un vehículo que puede convertir a las empresas en participantes competitivos dentro del mercado.

Los tecnólogos aquí mencionados tienen a lo largo de su historia distintos aportes en innovaciones dándolos a conocer a través de la publicación de patentes. En esta sección se muestra la participación que tienen los tecnólogos involucrados en lo que se refiere a la producción de 1-buteno de alta pureza, dentro del mercado de tecnología.

⁵⁰ Sitio web de Exxon, http://www.exxonmobil.com/Corporate/history/about_who_history_alt.aspx, consultado el 2 de octubre del 2010.

En el caso de BASF es sabido que se pone especial atención en el Departamento de Investigación e Innovación; siendo un claro ejemplo que al invertir en este campo se da a la empresa ventajas competitivas que permiten lograr una diferenciación con respecto de la competencia.

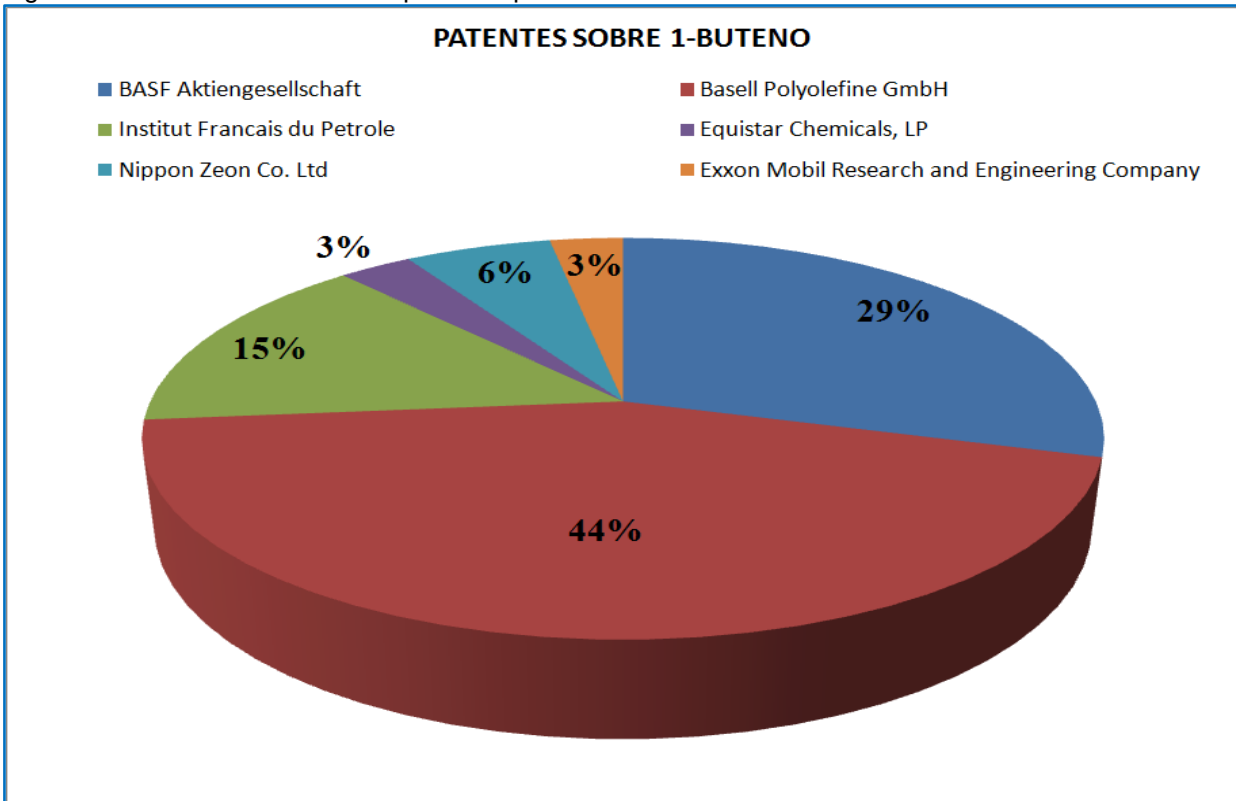
Tabla No. 2.2 Patentes publicadas sobre producción de 1-buteno.

Tecnólogo	Patentes publicadas 1-buteno																
	Año	1983	1984	1985	1994	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	TOTAL
BASF Aktiengesellschaft							1			3		3		3			10
Basell Polyolefine GmbH							2	1	3	1	5		2	1			15
Institut Francais du Petrole	1		1		1	1	1										5
Equistar Chemicals, LP										1							1
Nippon Zeon Co. Ltd			1	1													2
Exxon Mobil Research and Engineering Company											1						1

Fuente: Elaboración propia a partir de información publicada en la página de la OMPI (Organización Mundial de la Propiedad Intelectual) consultada el 5 de octubre del 2010.

La tabla anterior nos muestra las patentes publicadas sobre obtención de 1-buteno a través de los años, con datos disponibles a la fecha. En el Gráfico 1 observamos que los tecnólogos que tienen más publicaciones sobre 1-buteno, abarcando mayor porcentaje dentro del mercado de tecnología, son *BASF Aktiengesellschaft* y *Basell Polyolefine GmbH*, ésta última sobre procesos de polimerización. Si bien, esto no implica necesariamente que sean propietarias de muchas y diversas tecnologías para la producción de 1-buteno, es un indicador de que existe una constante innovación dentro de sus procesos y/o productos.

Figura No. 2.3 Distribución de las patentes publicadas de 1990 a la fecha.



Fuente: Elaboración propia a partir de información publicada en la página de la OMPI (Organización Mundial de la Propiedad Intelectual) consultada el 5 de octubre del 2010.

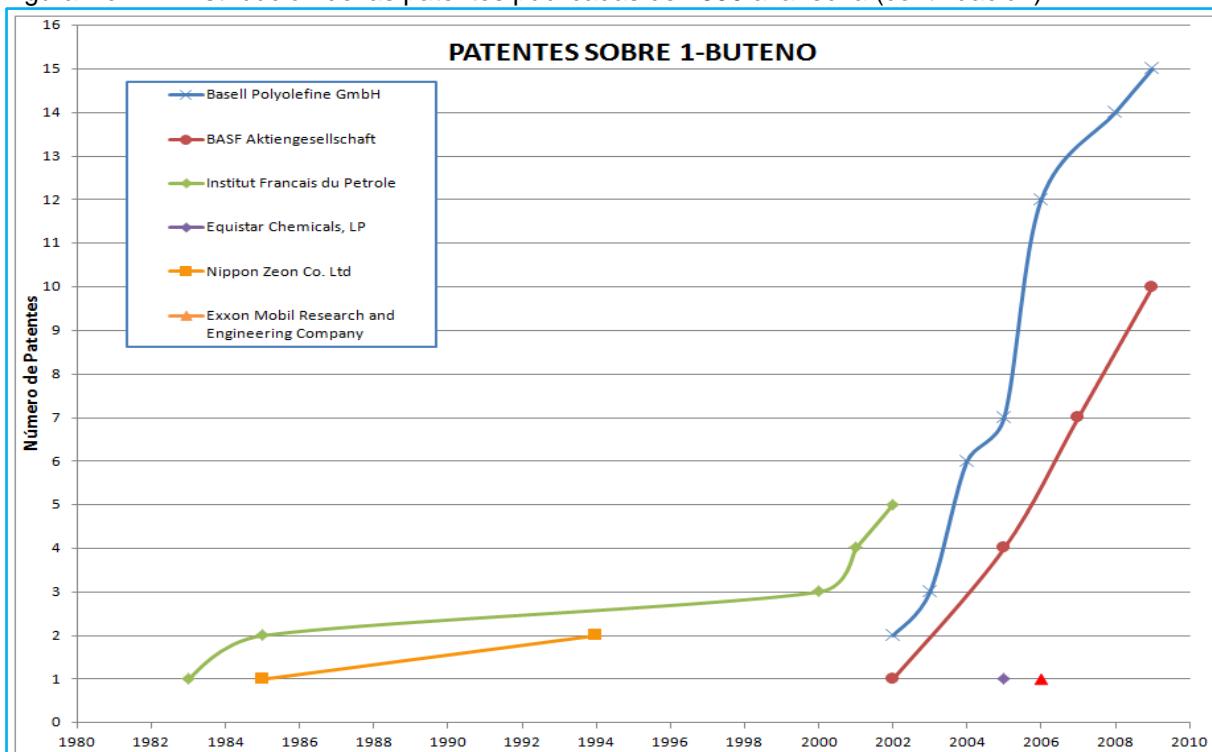
Sin embargo, también se puede apreciar que no todos iniciaron sus investigaciones al mismo tiempo (Figura 2.1), ni todos tuvieron la misma continuidad en éste proceso. BASF y Basell no fueron las pioneras en esta tecnología, pero se aprecia que a partir de que se involucraron en el proceso siguen interesados por mejorarlo y seguir siendo competitivos encontrando mejoras al proceso.

Tan importante la innovación en nuevas tecnologías para obtener un producto, como las subsecuentes mejoras que puedan aplicarse al mismo. Muchos de los tecnólogos optan por tomar viejas tecnologías y desarrollar mejoras en el proceso, que los ayude a entrar en la competencia. Este es el caso, por ejemplo de Exxon y Equistar.

Debido a que en la mayoría de los casos la inversión en investigación nos devuelve intereses a largo, y en ocasiones, muy largo plazo, es importante estar seguro y

tomar buenas decisiones acerca de ¿sobre qué se va a investigar? Para que de esta forma nuestra inversión no se convierta sólo en tiempo y capital perdido.

Figura No. 2.4 Distribución de las patentes publicadas de 1990 a la fecha (continuación).



Fuente: Elaboración propia a partir de información publicada en la página de la OMPI(Organización Mundial de la Propiedad Intelectual) consultada el 5 de octubre del 2010.

2.5 Mapeo de patentes

Para que tengamos una idea más clara de cómo fueron llevándose a cabo algunas de las innovaciones dentro de los procesos realizamos un mapeo de patentes (Ver figura 2.3). En él ubicamos las patentes publicadas más relevantes en materia de 1-buteno a lo largo del tiempo, así como los antecedentes y/o conexiones que existen entre las innovaciones.

En el diagrama se observa la relación entre algunas de ellas, siendo las más recientes innovaciones de sus predecesoras. Conforme pasa el tiempo se evidencia que las innovaciones más recientes cuentan con más recursos en los cuales apoyarse. Así se tienen más y mejores herramientas para trabajar en futuras innovaciones.

Tabla No. 2.3 Patentes relacionadas con los principales procesos y tecnólogos para 1-buteno.

No. Patente	Asignee	Título	Año Publicación
3879485	-	Method of producing butene-1	1975
3911042	-	Method of producing butene-1	1975
3969429	-	Method of producing butene-1	1976
4016343	Chemplex Company	Tetravalent chromium alkoxide polymerization catalyst	1977
4101600	-	Method of dimerization of alpha-olefins	1978
4162198	-	Separation of a mixture of C4 -hydrocarbons by extractive distillation	1979
4269668	-	Extractive distillation of C-4 hydrocarbons using modified alkoxynitrile solvent	1981
4324938	Institut, Francais Du Petrole	Process for upgrading C4 olefinic cuts	1982
4356339	-	Process for isolating and recovering butene-1 of high	1982
4367356	UOP, Inc. (Des Plaines, IL)	Process for the production of gasoline from C4 hydrocarbons	1983
4423264	Institut Francais du Petrole	Process for the joint production of highly pure 1-butene and premium gasoline from a C4 olefinic cut	1983
4513153	-	Integrated process for producing tert.butyl alkyl ethers and butene-1	1985
4515661	Nippon Zeon Co. Ltd	Process for separating highly pure butene-1 and butene-2	1985
4532370	Institut Francais du Petrole	Process for synthesizing 1-butene by dimerization of ethylene	1985
4558168	Air Products and Chemicals, Inc.	Production of high purity butene-1 from an n-butane feedstock	1985
4615998	-	Catalyst suitable for synthesizing 1-butene by dimerization of ethylene	1986
4718986	-	Process for producing high purity butene-1 with a low energy consumption	1988
4902849	Phillips Petroleum Company	Dehydrogenation process	1990
5037997	Institut Khimicheskoi Fiziki an SSSR	Method of preparing 1-butene and/or hexenes	1991
5057638	Chevron Research and Technology	Process for making 1-hexene from 1-butene	1991
5087780	Chemical Research & Licensing Company	Hydroisomerization process	1992
5120894	Lyondell Petrochemical Company (Houston, TX)	Olefin conversion process	1992
5563299	Enichem S.p.A; Snamprogetti S.p.A	Integrated process for the simultaneous production of	1996
5698760	BP Chemicals Limited	Olefin metathesis	1997
5856257	Phillips Petroleum Company (Bartlesville, OK)	Olefin production	1999
6166279	BASF Aktiengesellschaft (Ludwigshafen, DE)	Preparation of olefins	2000
6225518	UOP LLC (Des Plaines, IL)	Olefinic hydrocarbon separation process	2001
6284021	The BOC Group, Inc. (Murray Hill, NJ)	Composite adsorbent beads for adsorption process	2001
6583329	Catalytic Distillation Technologies (Pasadena, TX)	Olefin metathesis in a distillation column reactor	2003
6884917	Equistar Chemicals, LP	1-butene production	2005
6887434	BASF Aktiengesellschaft	Preparation of propene and, if desired, 1-butene	2005
7148392	Exxon Mobil Research and Engineering Company	Separation of 1-butene from C4 feed streams	2006
7462277	BASF Aktiengesellschaft	Continuous method for separating a C4 cut	2008
7485761	BASF Aktiengesellschaft	Method for producing 1-butene	2009
7488857	BASF Aktiengesellschaft	Method for the production of butadiene and 1-butene	2009

Fuente: Elaboración propia a partir de Base de datos de Patentes de los Estados Unidos de América.

Es el caso de las publicaciones más recientes de BASF *Aktiengesellschaft*, donde se aprecia que tienen una mayor aportación de patentes ya publicadas, pero tiene que hacer innovaciones en escalas más pequeñas, a procesos ya existentes. De esta

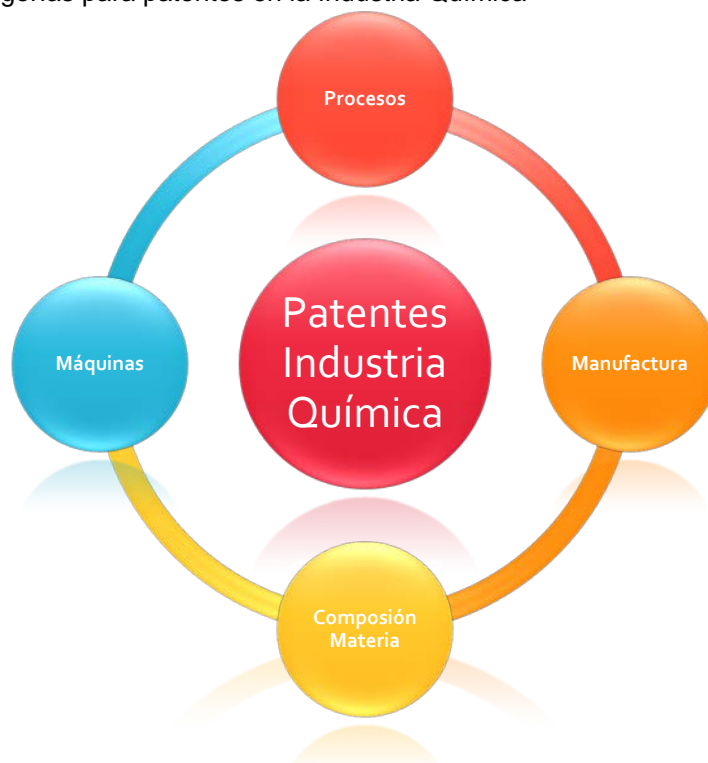
forma las empresas no tienen que invertir cantidades grandes en innovación si se enfocan en pequeñas partes del proceso que puedan ir mejorando.

De igual forma, la inversión en áreas de innovación con el tiempo los van colocando a la vanguardia y así estar listo a las nuevas exigencias del mercado, ya sea mayor demanda o productos de mayor calidad. Si bien, los resultados no son visibles en el corto plazo, la inversión y dedicación adecuada en este campo podría producir resultados aún mejores de los esperados.

Patentes en la industria química

Si bien, un principio o ley de la naturaleza no son patentables como proceso⁵¹, los procesos químicos acompañados de la maquinaria, manufactura y composición de la materia, son categorías patentables dentro de la industria química.

Figura No. 2.5 Categorías para patentes en la Industria Química



Fuente: Elaboración propia.

⁵¹Ley de la Propiedad Industrial publicada en el D.O. F el 27 junio de 1991 con reformas publicadas reformas D.O.F. 2 de agosto de 1994; 26 de diciembre de 1997, 17 de mayo de 1999, 26 de enero de 2004 y 16 de junio de 2005.

Para entender un poco más a que innovaciones patentables se refiere cada una, a continuación se presentan sus características⁵²:

Tabla No. 2.4 Características de categorías patentables.

<u>CATEGORIA</u>	<u>DESCRIPCIÓN</u>
PROCESOS	Definido como un acto o serie de actos (pasos) realizados en algún objeto físico, con el efecto de producir algún cambio de carácter condición o lugar. Puede ser químico o mecánico y usar fuerzas como la acción química, el calor, luz o electricidad, logrando resultados.
MÁQUINAS	Incluye cada dispositivo mecánico o combinación de fuerzas mecánicas y dispositivos para producir algún resultado o efecto
MANUFACTURAS	El término es interpretado como la producción de artículos con el uso de materias primas, donde se preparan materiales con nuevos formularios, calidades, propiedades o combinaciones, con una mano de obra o por la maquinaria. La importancia patentable debe recaer en la estructura física, no en el nuevo arreglo.
COMPOSICIÓN DE LA MATERIA	Composiciones y raras manufacturas muy similares a la naturaleza. Una rara composición o una mezcla mecánica. Alguna combinación de ambos Una nueva composición y un cambio de la pureza de una composición vieja.

Fuente: Elaboración propia a partir de Colli, Juan Alberto. "Metodología para la selección de procesos", Tesis UNAM, 2006

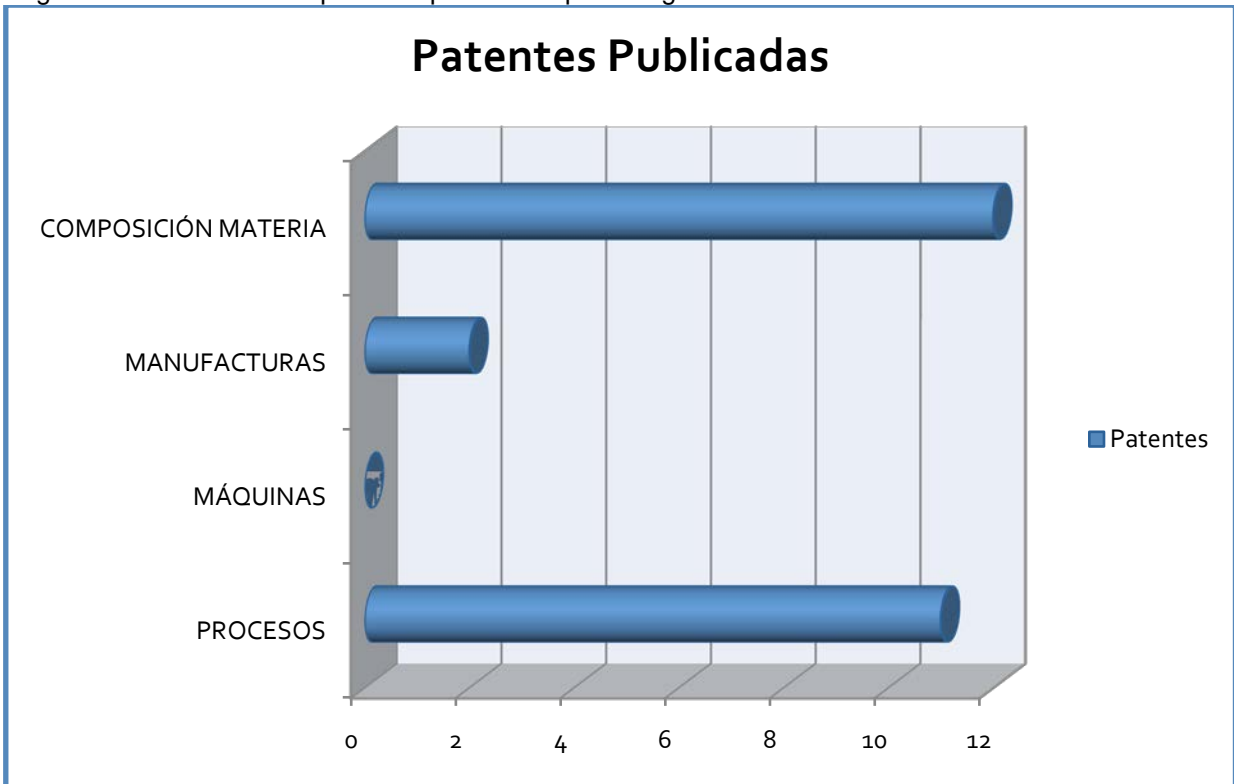
Los tecnólogos a ser estudiados son parte de la industria química, por lo que deben enfocar sus investigaciones en éstas categorías. Sin embargo puede existir cierta preferencia por alguna de ellas, por muchos y diversos motivos, como son el equipo de investigación disponible, recursos económicos, tipo de proceso, campo de experiencia de investigadores.

Es así que, para el caso de nuestros participantes encontramos preferencias en sus innovaciones donde puede apreciarse una marcada preferencia, en primer lugar por

⁵² Colli, Juan Alberto. "Metodología para la selección de procesos", Tesis UNAM, 2006, p 48-49.

innovaciones del tipo de composición de la materia. En éstas, los investigadores presentan modificaciones en composiciones ya existentes, para un nuevo ó mejor uso.

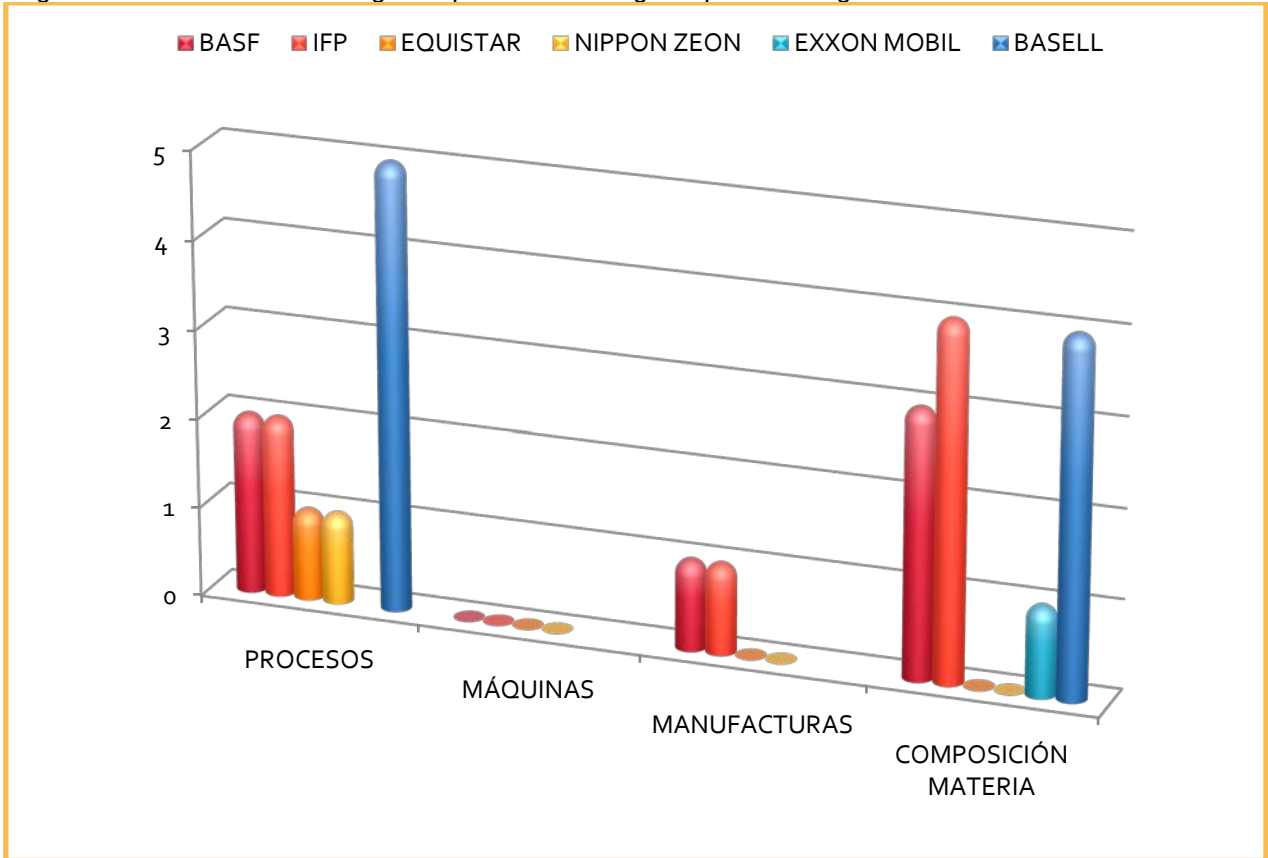
Figura No. 2.6 Gráfico de patentes publicadas por categoría.



Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos de patentes de los Estados Unidos de América de 1975 a 2009.

A pesar de que su aplicación requiere una inversión fuerte por parte de la empresa que los aplica, el desarrollo de nuevos procesos es ampliamente patentado. Siendo ésta una opción viable para la mejora de una industria, la investigación se ha preocupado por desarrollar vías con pasos cada vez más simples, económicos, seguros o amigables con el ambiente para producir valor.

Figura No. 2.7 Gráfica de categorías patentables elegidas por tecnólogos.

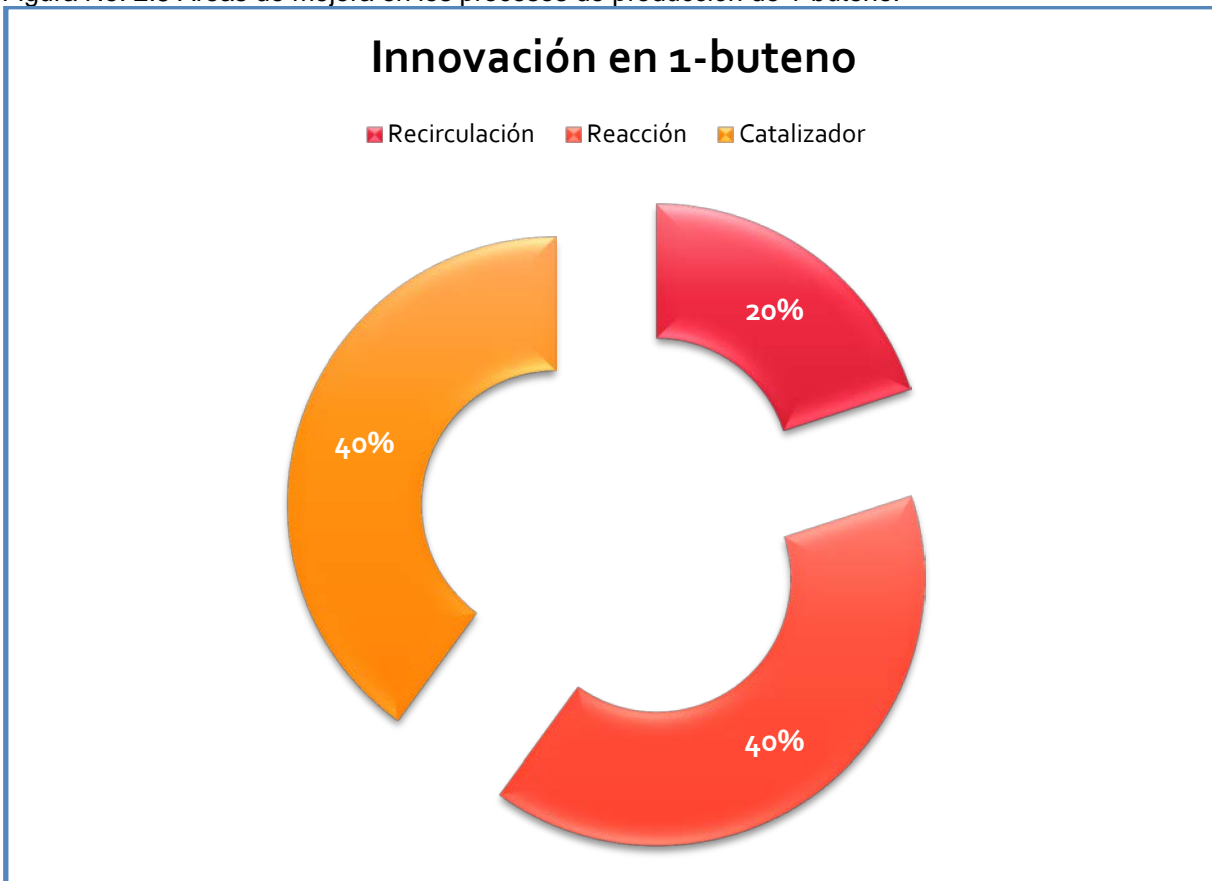


Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos de patentes de los Estados Unidos de América de 1975 a 2009.

Áreas de Innovación

Para la mejora de un proceso se tiene la oportunidad de poder modificar distintas áreas del proceso. Al igual que la preferencia por categorías patentadas, durante la investigación, los tecnólogos se enfocan en una u otra área a ser modificada, para proporcionar una mejora o un avance en el proceso o tecnología. Para nuestro caso se presentan mejoras principalmente en los participantes indirectos en la reacción, como son los catalizadores para mejorar rendimientos y pureza de productos finales.

Figura No. 2.8 Áreas de mejora en los procesos de producción de 1-buteno.



Fuente: Elaboración propia.

En el caso para 1-buteno, se revisaron 29 patentes relacionadas con el 1-buteno, su obtención como producto de alta pureza, como subproducto, procesos para su polimerización. Ya que el objeto de nuestro estudio es su obtención para su empleo como co-monómero, se eligió aquellas patentes que su principal objetivo sea obtener 1-buteno como producto principal, no como subproducto.

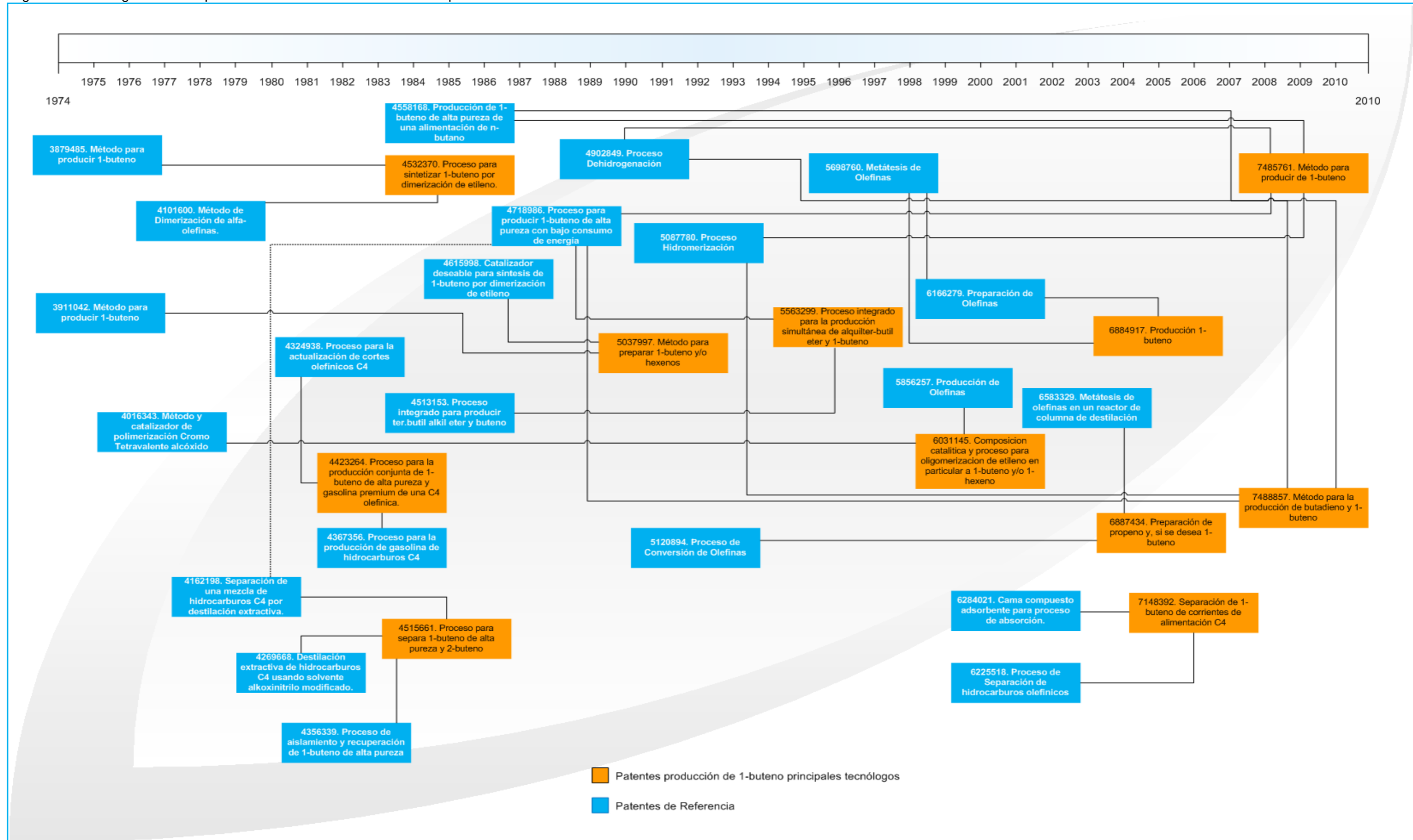
De éstos cerca del 40% de las patentes consultadas se enfocan en mejoras a los participantes indirectos en la reacción principal, los catalizadores, siendo ésta una de las prácticas que en los últimos años ha sido ampliamente explotada por la importancia de éste en el rendimiento, calidad y tiempo cuando se lleva a cabo una reacción. Adicionalmente, los avances e investigaciones implementadas en ésta área suelen representar menor inversión, tanto en la aplicación, como en el desarrollo de pruebas en comparación a realizar cambios en el proceso o equipo.

Una de las decisiones más importantes es cuando se requiere cambiar de proceso o de reacción para transformar la materia prima en un producto con valor agregado. El otro 40% de los tecnólogos encuentra que la solución a las dificultades de procesos anteriores y sus deficiencias, no es precisamente una mejora en el mismo, si no toman un camino alternativo de reacción, donde las condiciones sean más aptas para el proceso.

Estos tecnólogos observan las dificultades que se encuentran en el proceso habitual de producción y encuentran la forma de hacer más amigable la fuente de alimentación a través de reacciones que modifican sus propiedades.

En menor cantidad, pero no por ello menos importante o funcional, encontramos la adición de recirculación de alguna de las corrientes de proceso, con el objetivo de mejora el rendimiento de reacción y la pureza del producto. Esta medida es menos radical que la anterior y podría conllevar a grandes ahorros energéticos y económicos, sin necesidad de cambiar por completo el proceso, lo que lleva a una menor inversión en la aplicación de la mejora.

Figura No. 2.9 Diagrama del Mapeo de Patentes de 1-buteno en el Tiempo.



Fuente: Elaboración propia a partir de Base de datos de Patentes de los Estados Unidos de América.

2.6 Conclusiones.

La existencia de un mercado cada vez más demandante y competitivo nos hace buscar alternativas que nos den ciertas ventajas y nos diferencien. La investigación para innovar en productos, procesos, equipos, manufactura, etc., es una de las opciones que ayudan a las empresas a estar a la vanguardia dentro del mercado.

La implicación más clara del auge de los mercados tecnológicos es que las principales compañías pueden ahora vender tecnologías que no son explotadas internamente, aumentando sus ganancias en concepto de investigación y desarrollo.

La obtención de patentes es una herramienta que puede ayudarnos a obtener ventajas competitivas dentro del mercado, como la diferenciación. Y en el caso que se decida liberar los derechos para que otra empresa, que tal vez cuente con mejores recursos, pueda avanzar más o darle aplicación a la investigación a gran escala, se cuenta con la posibilidad de recibir regalías a cambio de compartir el conocimiento adquirido.

La innovación no sólo se trata de encontrar nuevos caminos, sino también de mejorar los existentes y con el mínimo cambio conseguir grandes resultados. Hemos encontrado que en muchos casos se buscan mejoras tratando de no modificar mucho el proceso original, ya que representaría un riesgo muy alto (en caso de no funcionar a nivel industrial), y una inversión muy fuerte para la empresa involucrada. Con mejoras como la de catalizadores, solventes, participantes que no están propiamente involucrados en la reacción, los resultados pueden arrojar grandes avances en cuanto resultados esperados, con inversiones considerablemente pequeñas dando aún mayor margen de utilidad al empresario cuando invierte en éstas áreas y motivándolo para posteriores inversiones. La adición de recirculación en procesos es una práctica ya ampliamente usada, donde lo que se busca es mejorar la calidad de las corrientes de salida. Esta medida podría no ser tan económica como la anterior, por la adición de equipo, compra de reactivos en los pasos de recirculación y el uso de posibles reactivos extras, junto con su mantenimiento que se requiera para que trabaje en óptimas condiciones arrojando

los mejores resultados. Sin embargo, es una buena opción ya que proporciona ahorros y puede dar un mayor valor agregado al producto resultante.

Después de todo esto, en ocasiones pudiéramos encontrar que no existe cambio alguno que pueda cumplir con mis expectativas, ya que el proceso junto con las condiciones en las que opera, los reactivos y participantes auxiliares, en conjunto, no alcanzan a las características del producto que se requiere. En esos casos, se puede dar el cambiar por completo el proceso, buscando uno donde el conjunto y el producto final alcancen e incluso superen las expectativas de forma más eficiente que el proceso actual. Es ahí donde los tecnólogos ofrecen nuevas técnicas de producción, donde han planteado formas alternativas y generalmente más simples o eficientes, de obtener un producto. La toma de decisiones de este tipo de acciones suele atraer riesgos e inversiones importantes para el involucrado, por lo que debe ser una decisión informada y consultada con especialistas, para así elegir lo que más convenga a la empresa en cuestión.

Nuestro caso particular no es la excepción y se ha comprobado el impacto que genera la propiedad de patentes dentro del mercado de tecnología teniendo a grandes empresas líderes por sus innovaciones aportadas.

Sin embargo, las empresas no son las únicas posibles beneficiadas al ser el dueño de los derechos de una patente. Universidades o instituciones que aportan sus conocimientos aplicados en la innovación de los procesos, pueden ser beneficiadas por medio del pago de regalías, por parte de las empresas que se beneficien con su descubrimiento. Esto no sólo genera ingresos para las universidades o instituciones, sino que promueve mayor inversión e interés por parte de las mismas a generar más estudios e invenciones que permitan tener un constante avance en tecnología, que en un futuro se ve reflejado no sólo en los resultados de las empresas, sino en la economía entera de un país. La inversión de empresas en pago de regalías a utilidades es visto como un acuerdo ganar-ganar, donde tanto instituciones, empresarios, estudiantes y población ganan al generar cada vez mejores y más eficaces procesos de producción.

En México, sin embargo todavía no se ha podido llegar a un acuerdo al respecto, esto debido a que aún existen desacuerdos en relación a quien debe tener los derechos sobre las patentes. Esta es una de las razones por las cuales aún no se explota al máximo el campo de la investigación en universidades. Los presupuestos a veces son insuficientes y pocas veces vemos que se obtengan beneficios por el pago de regalías de alguna patente. Aún así, el 70% de las publicaciones científicas en el país son por parte de las universidades públicas, de acuerdo al Estudio Comparativo de Universidades Mexicanas (ECUM) 2011⁵³.

En México, el caso de la industria privada respecto a innovación está tristemente olvidado, solamente poco más del 0.1% del PIB se invierte en investigación y desarrollo, comparadas con el 1.5% de la OCDE, 0.4% de empresas en Brasil, 0.3% para Chile y 0.8% de las empresas Chinas.⁵⁴

El potencial en el campo de innovación en nuestro país aún no ha sido explotado como debiera y de esto surgen las interrogantes de las posibilidades que podrían aprovecharse, al aliarse la investigación en universidades junto con las empresas, para lograr un acuerdo que beneficie a ambos.

⁵³ Sitio web de CNN Expansión, <http://www.cnnexpansion.com/mi-carrera/2011/12/30/universidades-publicas-las-mas-cientificas>, consultado el 03 junio, 2012.

⁵⁴ Emir Olivares, et al., “Ínfimo Registro de patentes ante el desinterés de la IP en ciencia”, *La Jornada*, México, 22 de junio de 2011, p. 45.

Referencias

Arora, Ashish; Fosfuri, Andrea; Gambardella, Alfonso. *Los mercados de tecnologías en la economía del conocimiento*. Organización de Estados Americanos, Madrid, 2001.

Centro de Predicción económica. *Mercado de Tecnología. Estrategias y Características*. Facultad CC.EE. y EE., UAM, Madrid 2010.

Ciceri Silvenses, Hugo Norberto, *Manual para elaboración del proyecto de tesis, caso práctico y otras opciones de graduación*, 2ª ed., Facultad de Química, U.N.A.M., México, 2007.

Colli, Juan A., *Metodología para la selección de procesos*, Tesis UNAM, México, 2006.

Convenio en París para la Protección de la Propiedad Industrial del 20 de Marzo de 1883, Art. 2.

Daus, Donald, "What can be patented?" *Chemical Engineering*, (1982), Agosto 23, 74.

Diario Oficial de la Federación, Código Fiscal de la Federación, Art 15-B, 2011.

Emir Olivares, et al., "Ínfimo Registro de patentes ante el desinterés de la IP en ciencia", *La Jornada*, México, 22 de junio de 2011,

Guzmán López Clara, Edición y derecho de autor en las publicaciones de la UNAM, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 2007.

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial, "Ayuda para el llenado de formatos respecto a los trámites de invenciones ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial", México, 2012.

Jiménez, Guillermo J., *Derecho Mercantil I*, 13a ed., Ariel, Barcelona, 2009.

Sitio web de Basell Polyolefine GmbH <http://www.lyondellbasell.com/LandingPages/Basell>, consultado el 2 de octubre del 2010.

Sitio web de BASF Aktiengesellschaft. <http://www.basf.com.mx/Mexico/home>, consultado el 2 de octubre del 2010.

Sitio web de CNN Expansión, <http://www.cnnexpansion.com/mi-carrera/2011/12/30/universidades-publicas-las-mas-cientificas>, consultado el 03 junio, 2012.

Sitio web de Equistar Chemicals L.P., <http://www.lyondellbasell.com/LandingPages/equistar/>, consultado el 2 de octubre del 2010.

Sitio web de Exxon Mobil Research and Engineering Company, http://www.exxonmobil.com/Corporate/history/about_who_history_alt.aspx, consultado el 2 de octubre del 2010.

Sitio web de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual http://www.wipo.int/about-wipo/es/what_is_wipo.html, consultado el 23 septiembre, 2010.

Sitio web de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual: <http://www.wipo.int/patent-law/es/developments/licensing.html>, consultado el 24 septiembre, 2010.

Sitio web de la UNESCO: http://portal.unesco.org/es/ev.php-url_id=33882&url_do=do_topic&url_section=201.html, consultado el 16 julio, 2012.

Sitio web de Nippon Zeon Co. Ltd., http://www.zeon.co.jp/welcome_e/profile/history.html, consultado el 2 de octubre del 2010.

Sitio web del Instituto Francés del Petróleo <http://www.ifpenergiesnouvelles.com/>, consultado el 2 de octubre del 2010.

Sitio web del Instituto Mexicano de la Propiedad Intelectual: http://www.impi.gob.mx/wb/IMPI/marco_juridico_nacional_v2, consultado el 16 julio, 2012.

Trens Flores, Ernesto. Patente de los resultados de investigación biomédica. Revista de la Facultad de Medicina, no. 003, mayo 2006.

CAPÍTULO III

PRINCIPALES PROCESOS PARA LA PRODUCCIÓN DE 1-BUTENO.

3 Principales procesos utilizados para la producción de 1-buteno

En este capítulo estudiaremos las diferentes tecnologías utilizadas para la producción de 1-buteno y su polimerización, las materias primas empleadas, las condiciones y limitantes que se pueden encontrar dentro del proceso.

Los butenos se obtienen en refinerías en la producción de carburantes y en los diferentes procesos de *cracking* de butano, nafta o gasóleo, necesariamente como subproducto en grandes cantidades.

Una de las materias primas más importantes para obtener butenos es la fracción de C₄. Desde que se consiguió la separación de los componentes de las fracciones de C₄ en sus componentes puros a nivel industrial, han recibido un gran impulso los procesos químicos para el aprovechamiento del buteno.

Sin embargo la composición de éstas fracciones es muy variable al tipo de proceso y condiciones en las que son obtenidas. Para el caso, por ejemplo, que provengan de procesos de craqueo, la variación en la composición puede depender de la intensidad con que sea llevado a cabo el craqueo (Tabla 3.1).

Tabla No. 3.1 Composición de una fracción de C₄ en diferentes condiciones de craqueo (en % peso).

Productos disociados	Baja intensidad	Alta intensidad
1,3-butadieno	26	47
i-buteno	32	22
1-buteno	20	14
trans-2-buteno	7	6
cis-2-buteno	7	5
n-butano	4	3
Vinil acetileno	0,2	2
Residuos: i-butano, etilacetileno y 1,2-butadieno		

Fuente: Weissermel, K. *Química Orgánica Industrial*. Editorial Reverté, S.A., Barcelona, 1981.

La concentración para cada uno de los componentes puede aumentar o disminuir según la variación en las condiciones del proceso (temperatura, presión, tiempo de residencia, etc.).

3.1 Limitantes del proceso

En todo proceso se puede encontrar complicaciones que repercuten en la calidad del producto final, o bien, en su rendimiento. Estas adversidades suelen ser ocasionadas por la composición de la materia prima, las condiciones de trabajo, o la tecnología disponible. En el caso de estudio no es la excepción y se encuentran algunos obstáculos a los que los tecnólogos tuvieron que hacer frente en la producción.

Puntos de ebullición cercanos.

Uno de los problemas a considerar para llevar a cabo la separación eficiente de 1-buteno, son los puntos de ebullición cercanos que se presentan en las corrientes de C₄'s (Tabla 3.2), haciendo que la separación por destilación simple sea descartada como posible método de separación.

Tabla No. 3.2 Puntos de ebullición en una fracción de C₄.

Componente	Punto ebullición (°C)
1,3-butadieno	-4.00
i-buteno	-6.90
1-buteno	-6.30
trans-2-buteno	0.88
cis-2-buteno	3.70
n-butano	-0.50

Fuente: Elaboración propia a partir de fichas de seguridad.⁵⁵

Aprovechamiento de corriente de alimentación.

Debido a la variedad de concentraciones que se encuentran en la materia prima y a los diversos procesos a los que debe ser sometida previamente, el rendimiento en la producción de 1-buteno es muy pobre. Por ejemplo, si la corriente de alimentación es el 100%, de éste total sólo el 27.6% es 1-buteno; y de éste porcentaje sólo cerca del 36% es separado como componente grado co-monómero (al menos 98% pureza)⁵⁶.

⁵⁵Ficha de Seguridad: Es un documento que indica las particularidades y propiedades de una determinada sustancia para su adecuado uso. Contienen información física del producto como, por ejemplo, su punto de fusión, punto de ebullición, etc.; también incluyen su toxicidad, efectos a la salud, primeros auxilios, reactividad, almacenaje, disposición, protección necesaria y todos aquellos cuidados necesarios para manejar los productos peligrosos con seguridad. Ministerio del Trabajo y Asuntos Sociales, España.

⁵⁶ABB Lummus Global, "Maximize butane-1 yields, a new reactor system capitalizes on shifting butane-2 to butene-1 from C₄ fractions", Hydrocarbon Processing, 4, 2006, 57.

Estas pérdidas son ocasionadas por reacciones indeseables, pasos previos y/o por un mal fraccionamiento por destilación simple.

✚ Generación de grandes cantidades de polietileno.

Uno de los problemas frecuentes a los que hay que enfrentarse es la producción excesiva de polietileno de alto peso molecular que se forma cuando se lleva a cabo la reacción. La interacción de la corriente con los catalizadores o solventes genera reacciones de polimerización que en ciertas condiciones da como resultado la obtención de cantidades grandes de polietileno, afectando la pureza del producto final.

✚ Gran cantidad de productos no deseados durante el proceso.

Una de las adversidades con las que se encuentran casi todos los procesos, y de las cuales frecuentemente los investigadores o tecnólogos se esfuerzan por evitar en la mayor medida posible, es la generación de productos no deseados. El caso ideal es tener una producción nula de subproductos en el proceso, o al menos que sólo se generen trazas que no sean de importancia. En procesos donde se requiere que el producto final sea altamente puro, la disminución de productos no deseados es de suma importancia.

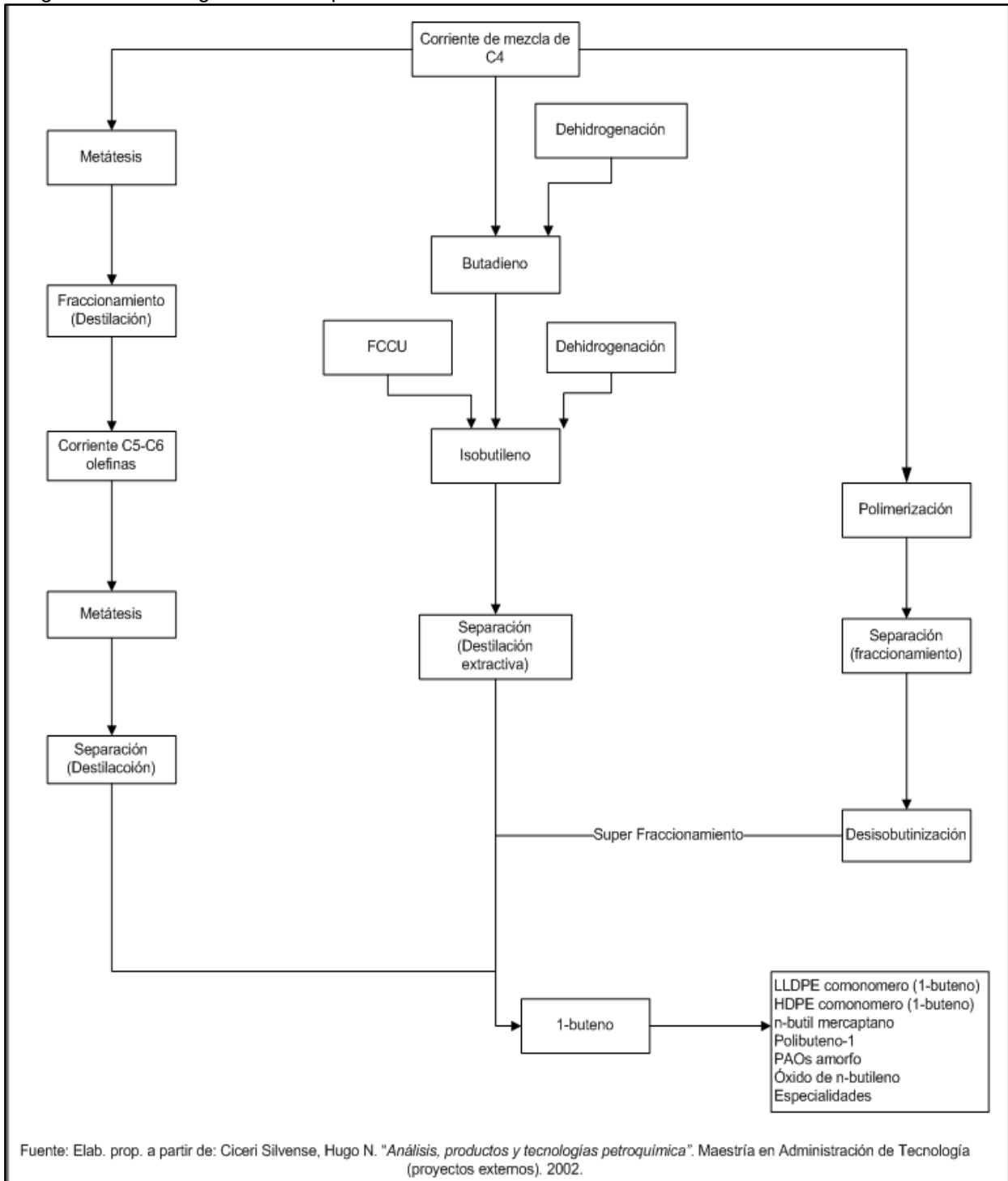
3.2 Producción de 1-buteno

Hasta ahora la mayoría de los procesos para la producción de 1-buteno de alta pureza son a partir de fracciones de C4. En muchos de los casos, son sometidas previamente a diversos procesos como hidrogenación selectiva, extracción y/o hidrogenación, para mantener los niveles de butadieno, isobutano e isobuteno lo más bajos posibles y así evitar reacciones y productos indeseables.

Dependiendo del tratamiento previo que se le dé, o no, a la corriente de alimentación podrán tomarse distintos caminos con los que se pueda alcanzar nuestro objetivo final, el 1-buteno de alta pureza.

En la Figura No. 3.1 podemos identificar algunos de estos caminos como son, la metátesis, la destilación extractiva y polimerización, cada uno de ellos será estudiado posteriormente con mayor detalle.

Figura No. 3.1 Diagrama de bloques de las cadenas derivadas de C4's.



Fuente: Elab. prop. a partir de: Ciceri Silvense, Hugo N. "Análisis, productos y tecnologías petroquímica". Maestría en Administración de Tecnología (proyectos externos). 2002.

3.2.1 Metátesis de olefinas.

Descubierta en los años cincuenta⁵⁷, la metátesis de olefinas es una reacción de intercambio o de “cambio de posición” donde los átomos unidos por el doble enlace cambian de posición con otros átomos, en presencia de un catalizador. El ejemplo más simple es la reacción de 2 moléculas de propeno o propileno:

- ✓ “Self-metathesis”: Un mismo tipo de olefina se transforma en una mezcla de dos olefinas de diferente masa molecular. (olefina inferior y olefina superior). Ejemplo: metátesis de 2-propeno (Figura 3.2).
- ✓ “Cross-metathesis o co-metathesis”: Describe la reacción de dos tipos de olefinas que se transforma en una mezcla de dos olefinas de diferente masa molecular.

Ejemplo:

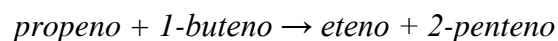
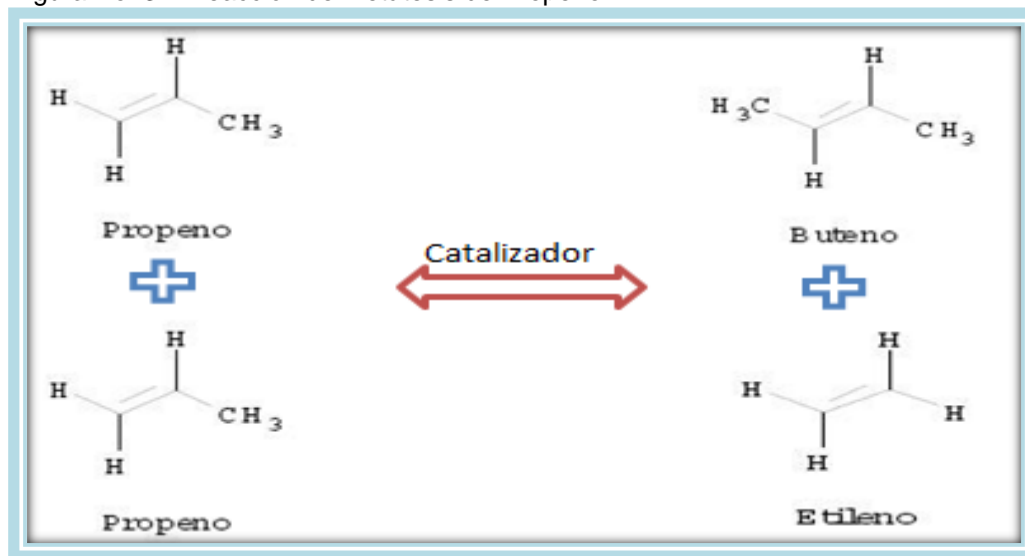


Figura No. 3.2 Reacción de Metátesis de Propeno.

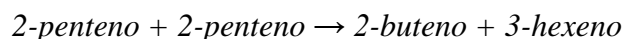
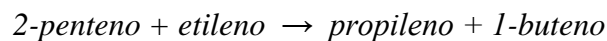


Fuente: Elaboración propia a partir de: García, Oscar; ctd, “La metátesis y el Premio Nobel de Química”. La ciencia y el Hombre, 14 (2006), núm.1.

La función principal de la metátesis dentro del proceso es convertir algunos de los compuestos no deseables existentes de la materia prima, al producto deseado ó a

⁵⁷García, Oscar; Mendoza, Remedios; Muñoz, Omar, “La metátesis y el Premio Nobel de Química” La ciencia y el Hombre, 14 (2006), núm.1.

compuestos que más convengan, y así facilitar su separación. Una de las reacciones que se presentan dentro del proceso es la transformación de una parte de 2-penteno presente en la mezcla, en presencia de etileno. En este caso se presentan dos reacciones⁵⁸:



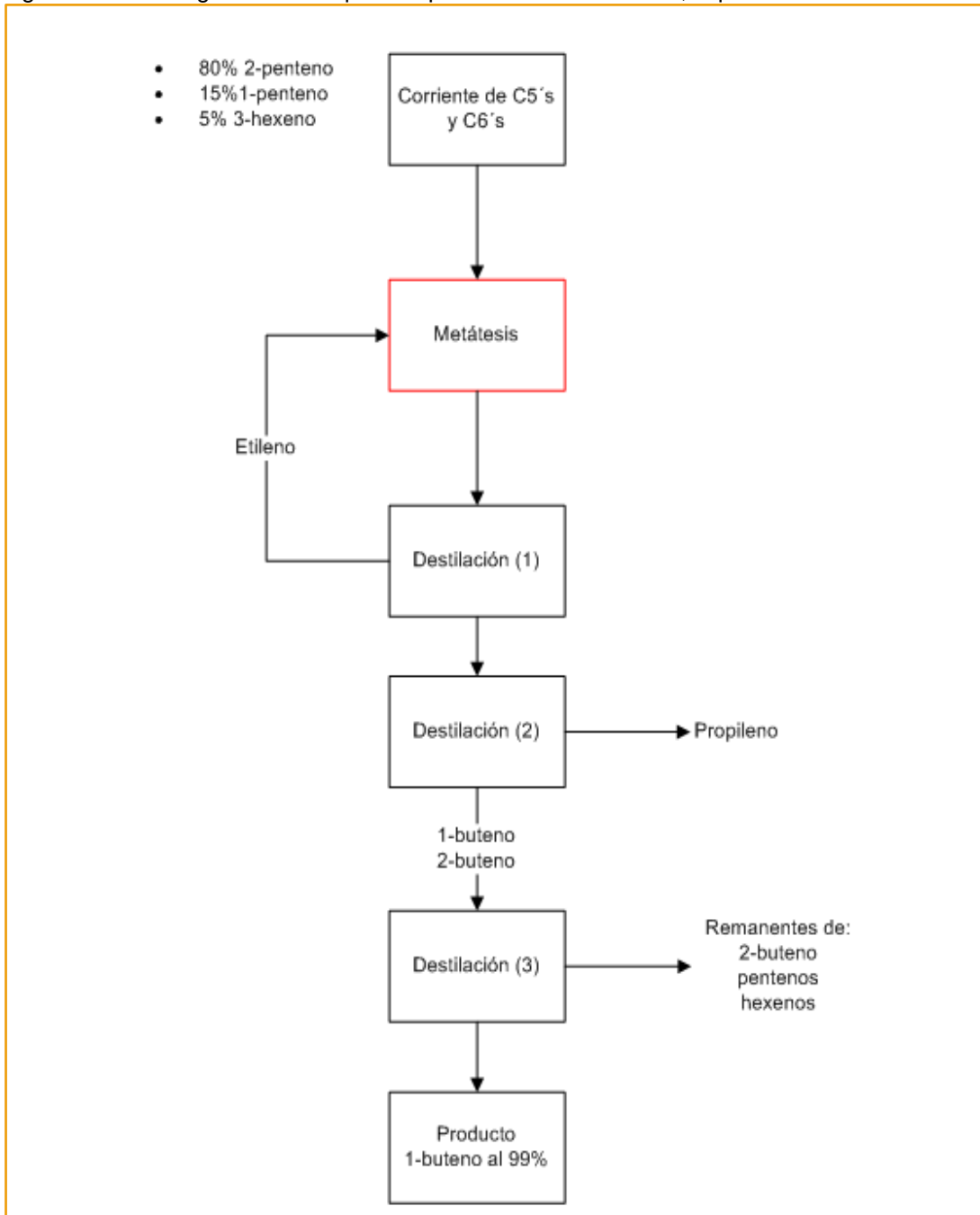
El producto resultante del paso de metátesis es después separado en columnas de destilación para finalmente obtener 1-buteno al 99%.

Los pasos de metátesis requeridos en el proceso dependerán de la materia prima utilizada. Equistar Chemicals, L.P., en el 2005, usó ésta operación en su proceso de obtención de 1-buteno (Figura No. 3.3). Entonces sólo se incluyó un paso de metátesis, ya que la corriente de alimentación utilizada son principalmente pentenos, por lo que sólo es necesaria una reacción de metátesis para obtener la composición deseada en la corriente y poder separarla.

Este método es empleado para la producción de diferentes olefinas, no 1-buteno exclusivamente. Basf en su proceso de obtención de propeno utiliza dos pasos de metátesis para su separación, obteniendo incluso a la salida de una de sus columnas 1-buteno. En este proceso se utilizan como insumo, una corriente de refinado II que se compone principalmente de butenos. En este caso, Basf busca con los dos pasos de metátesis, obtener el producto deseado, en este caso propeno y con el segundo, tratar los subproductos para darles valor.

⁵⁸Lyondell Petrochemical Company, "Olefin Conversion Process", 5,120,894 United States Patent, Jun. 9 1992.

Figura No. 3.3 Diagrama de bloques de producción de 1-buteno, Equistar Chemicals L.P.



Fuente: Elaboración propia a partir de: Equistar Chemicals, L.P., "1-butene production", 6,884,917 United States Patents, 2005

Así, la generación de subproductos no deseados, se elimina haciendo que todas las corrientes de salida del proceso proporcionen productos con valor que puedan ser utilizados por la misma empresa dentro de otros procesos o puedan ser vendidos a otras empresas y así generar utilidades adicionales.

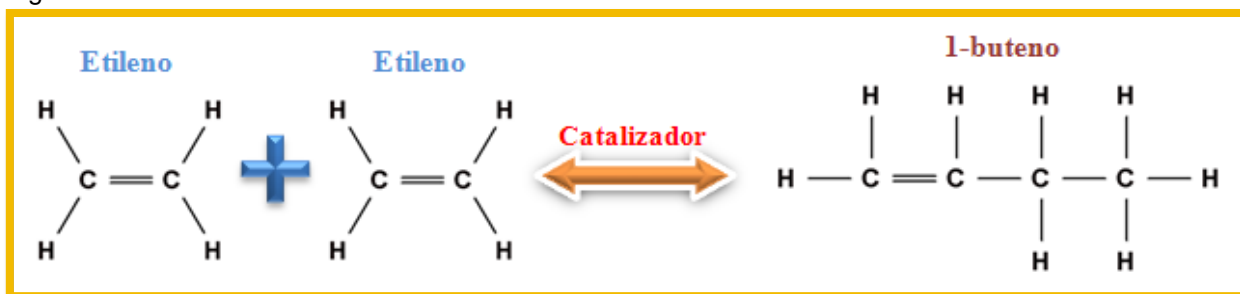
A pesar de que en este proceso se obtiene 1-buteno en una de las corrientes de salida, el tecnólogo no fue considerado con esta tecnología particular para efecto de evaluación y comparación en los capítulos subsecuentes, puesto que no se tienen datos sobre las condiciones (composición, rendimiento) de salida.

3.2.2 Dimerización de etileno.

La dimerización está definida como la formación de un nuevo producto por reacción de dos compuestos idénticos⁵⁹. En nuestro caso se hacen reaccionar moléculas de etileno para la producción de 1-buteno, en presencia de un catalizador.

Este proceso desarrollado y patentado por el Instituto Francés del Petróleo (IFP) utiliza un catalizador tipo Ziegler-Natta.

Figura No. 3.4 Reacción de dimerización de etileno.



Fuente: Elaboración propia a partir de Chang, Raymond, *Química*, McGraw-Hill, 2002.

El proceso está conformado de 4 secciones: reacción, inyección de co-catalizador, remoción de catalizador y destilación. La conversión de etileno es cerca del 80-85% por pasada con una selectividad a 1-buteno de 93%. La pureza del buteno producido con esta tecnología es 99.90%. Sin embargo durante el proceso también es formado polietileno de alto peso molecular⁶⁰.

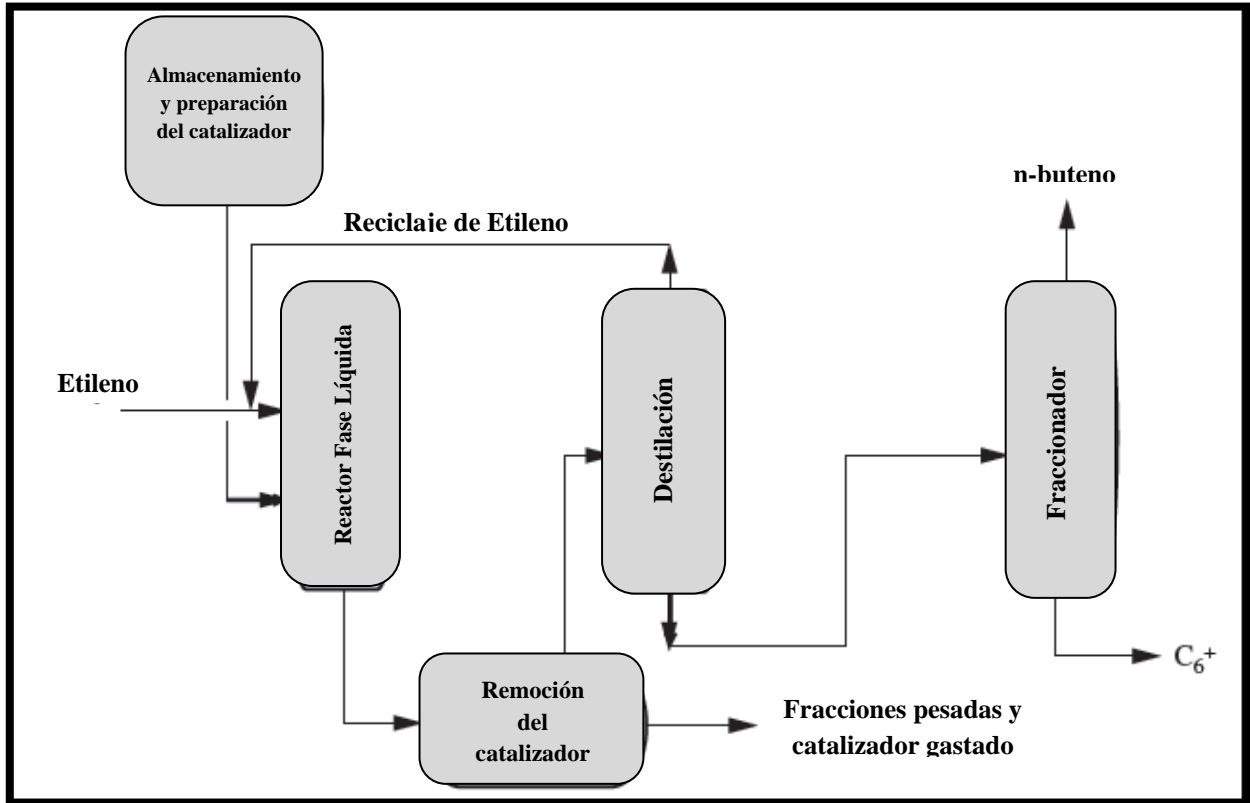
Cierto volumen de solución del catalizador se introduce dentro de un reactor, que cuenta con sistemas de agitación y enfriamiento, para mantener la temperatura preferentemente de 50-70°C. El reactor es alimentado con etileno hasta que el volumen total de líquido produzca cantidades de 2 a 50 veces el volumen de la

⁵⁹Zoebelein, Hans. *Dictionary of Renewable Resources*. John Wiley & Sons. 2nd. 2001.

⁶⁰Wiley, John. *Wiley Critical Content - Petroleum Technology*, Vol. 1-2, John Wiley & Sons. 2007

solución catalítica introducida inicialmente. Entonces el catalizador es “destruido” (agregando agua, por ejemplo) y los productos de reacción se retiran para su separación. Este proceso además del ahorro energético que ofrece por hacer simple la separación de la corriente se obtiene un producto final de alta pureza, 99% cumpliendo con los estándares requeridos para su uso como co-polímero.

Figura No. 3.5 Producción de 1-buteno (n-buteno) por dimerización de etileno.



Fuente: Speight, James G., Chemical Process and Design Handbook (2011)

El Instituto Francés del Petróleo y el Instituto de Físico-Química de la antigua Unión Soviética son los principales desarrolladores de innovaciones en esta tecnología. Ambos realizaron avances en el uso de catalizadores para mejorar los rendimientos de reacción.

3.2.3 Deshidrogenación catalítica.

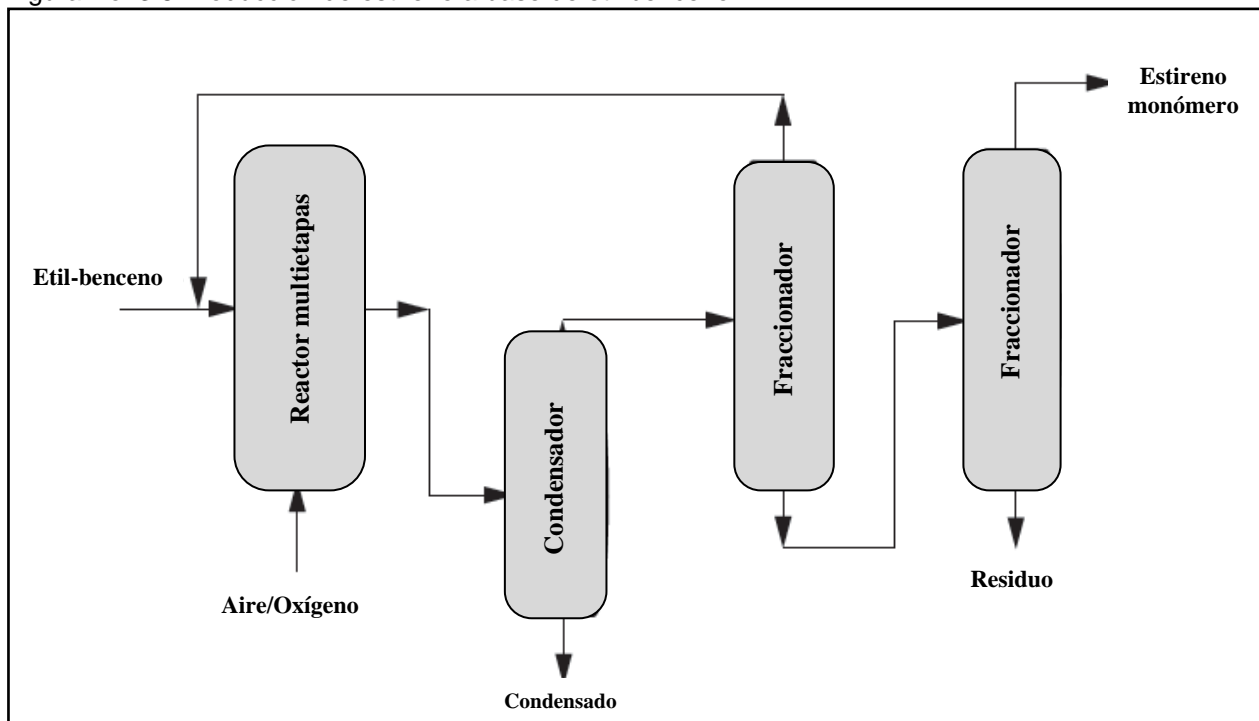
La deshidrogenación se define como una reacción en la cual el hidrógeno es removido de un compuesto o compuestos orgánicos. Un ejemplo es la deshidrogenación del etano a etileno:



Esto es usualmente efectuado por medio de un catalizador metálico. En los procesos químicos industriales, níquel, cobalto, platino, paladio, y mezclas con contenido de potasio, cromo, cobre, aluminio, y otros metales se utilizan en los procesos de deshidrogenación a gran escala. Dependerá de su selectividad y conversión para determinar el rendimiento de la reacción. La conversión es una medida del grado al cual la alimentación ha reaccionado con el paso a través del reactor.

Esto a su vez determina la cantidad de recirculación de material no convertido que se requiere.

Figura No. 3.6 Producción de estireno a base de etil benceno.



Fuente: Speight, James G., Chemical Process and Design Handbook (2011)

La selectividad es una medida de la cantidad de producto deseado producido por unidad de cantidad de alimentación que reaccionó.

Tabla No. 3.3 Condiciones de operación para las diferentes tecnologías.

	HOUDRY	UOP	SNAMPROGETTI	PHILLIPS
Presión, psia	4.6 - 14.2	36.5 - 19.8	17.1 - 21.3	Vapor diluido
Temperatura, °C	1,100 - 1,175	1,031 - 1,209	1,020 - 1,110	900 - 1,150
Conversión, %	60	49	48	55
Selectividad, %	89	88	88	91
Tipo de reactor	Cama fija	Cama móvil	Cama fluidizada	Tubular
No. de reactores	Mínimo 2, comúnmente 4 ó 5	3 para IC4, 4 para C3	Uno	8
No. de regeneradores	Regeneración "in situ"	Uno	Uno	Regeneración "in situ"
Tipo de catalizador	Óxido de cromo en alúmina	Platino en alúmina	cromoalumina	Metal noble inducido
Vida del catalizador	1.5 años	2 - 2.5 años	3 años	1 año
Tiempo del ciclo	7 - 15 minutos	Continuo	Continuo	7 horas proceso, 1 hora regeneración
Reacción térmica	Coque sobre catalizador + combustible	Hornos de recalentamiento	Coque sobre catalizador + combustible	Fuego fuera de los tubos

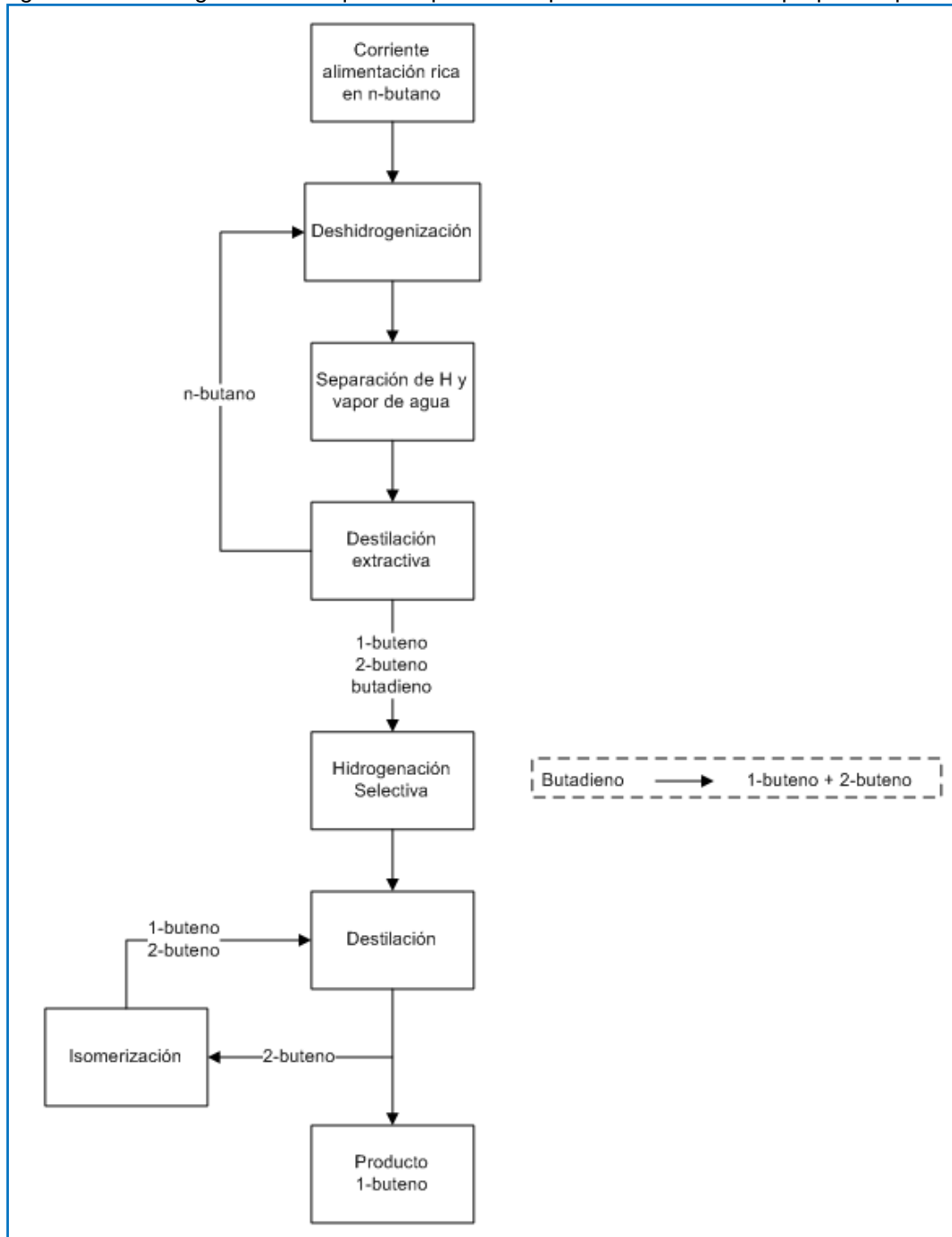
Fuente: Maples, Robert E., Petroleum Refinery Process Economics, 2nd, 2000.

Existen 5 diferentes tecnologías de deshidrogenación disponibles por licencia: *UOP's oleflex, Houdry's catofin, Phillips star, Coastal's isobutane cracking and Snamprogetti/Yarsintez's isobutane dehydrogenation*⁶¹.

Cada uno de estos procesos es único con respecto a su reactor y tecnología de regeneración. La tabla 3.3 resume características de algunos procesos catalíticos y sus condiciones de operación.

⁶¹Meyers, Robert A., *Handbook of Petroleum Refining Processes*, 3a., McGraw-Hill, 2004.

Figura No. 3.7 Diagrama de bloques del proceso separación de 1-buteno propuesto por BASF



Fuente: Elaboración propia a partir de BASF Aktiengesellschaft, "Method for producing 1-butene", 7,485,761 United States Patents, 2009.

Los cuatro procesos catalíticos incluyen compresión del efluente del reactor a un nivel apropiado para la separación de ligeros finales a recirculación y producto.

Basf Aktiengesellschaft utiliza esta tecnología para separar 1-buteno a partir de una corriente rica en n-butano. Con la combinación de ésta reacción y posteriores técnicas de separación logra un producto de alta pureza.

3.2.4 Destilación extractiva.

La destilación es un proceso físico para separar una mezcla de líquidos con diferentes puntos de ebullición. A pesar de su baja eficiencia termodinámica, sigue siendo el principal método de separación en plantas industriales, además de ser barato. Sin embargo, algunas veces se pueden dar condiciones que nos dificultan la separación haciendo de la destilación simple un método impráctico y económicamente inviable.

Algunas de estas condiciones adversas son:

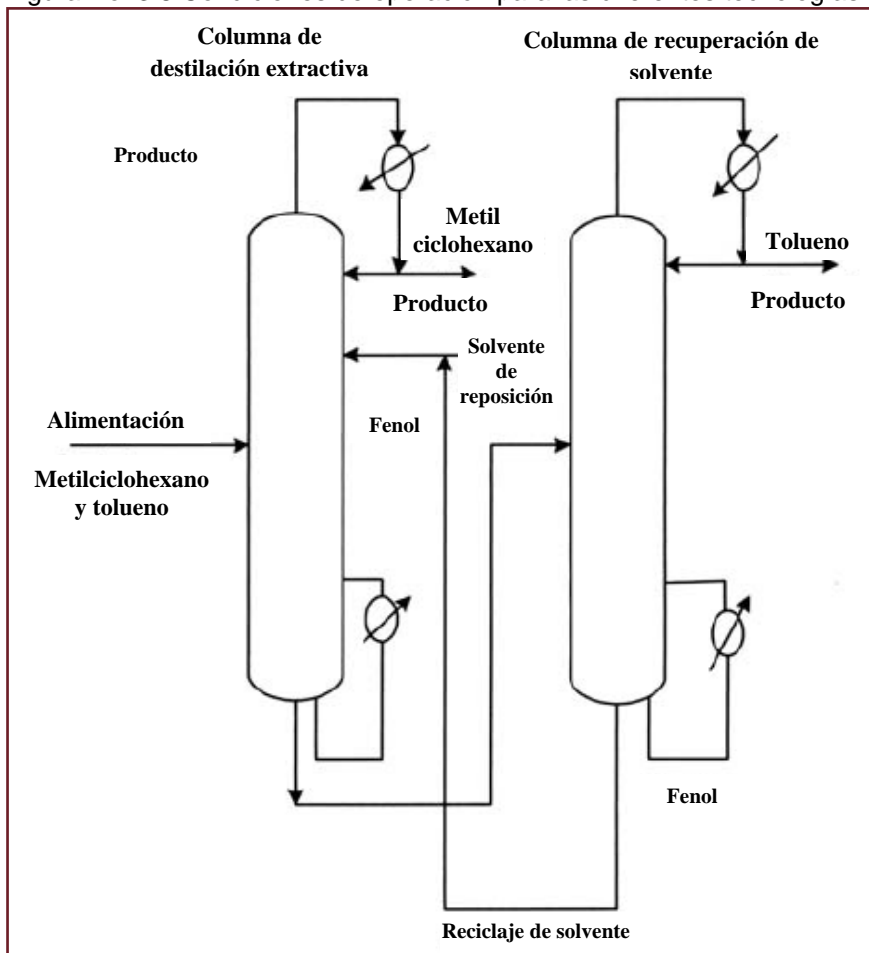
- La diferencia en las volatilidades de los componentes (o en sus puntos de ebullición) es muy pequeña.
- El compuesto es térmicamente inestable.
- La mezcla es extremadamente corrosiva o altamente incrustante.

La destilación extractiva es una técnica de rectificación que emplea el uso de un solvente para hacer posible la separación. El solvente, usualmente de baja volatilidad, actuará sobre los compuestos a separar afectando sus volatilidades relativas, mejorando así las condiciones para su separación. La técnica es usada para separar mezclas con una volatilidad relativa (α) < 1.1 .

Recordemos que la volatilidad relativa (α) es una medida de la relación de la tendencia a vaporizarse de dos componentes, es decir, mide cuan fácilmente se pueden separar. Este valor siempre será igual o mayor a uno. Si la volatilidad relativa es alta, significa que uno de los componentes tiene mayor tendencia a vaporizarse que el otro, es decir que es más volátil, y su separación del otro componente será más fácil. Por otra parte, mientras este valor sea más cercano a uno la dificultad para separar los componentes incrementará. Si la volatilidad relatividad es 1, cada

componente es tan volátil como el otro, haciendo imposible su separación por destilación simple⁶².

Figura No. 3.8 Condiciones de operación para las diferentes tecnologías.



Fuente: Coker, A. Kayode, Ludwig's Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants, Volume 2, 4th Edition, 2010.

El solvente modifica los coeficientes de actividad de la fase líquida de la mezcla permitiendo que la volatilidad relativa sea más favorable para la separación. Una de las consideraciones a tomar en cuenta al seleccionar el solvente adecuado se basa en tener una estructura similar a la del componente más pesado. Así, el alto punto de ebullición del solvente disminuirá la volatilidad del más pesado y afectará en menor medida la del ligero incrementando su diferencia de volatilidades.

⁶² Coker, A. Kayode, Ludwig's Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants, Elsevier, Vol. 2, 4th, 2010.

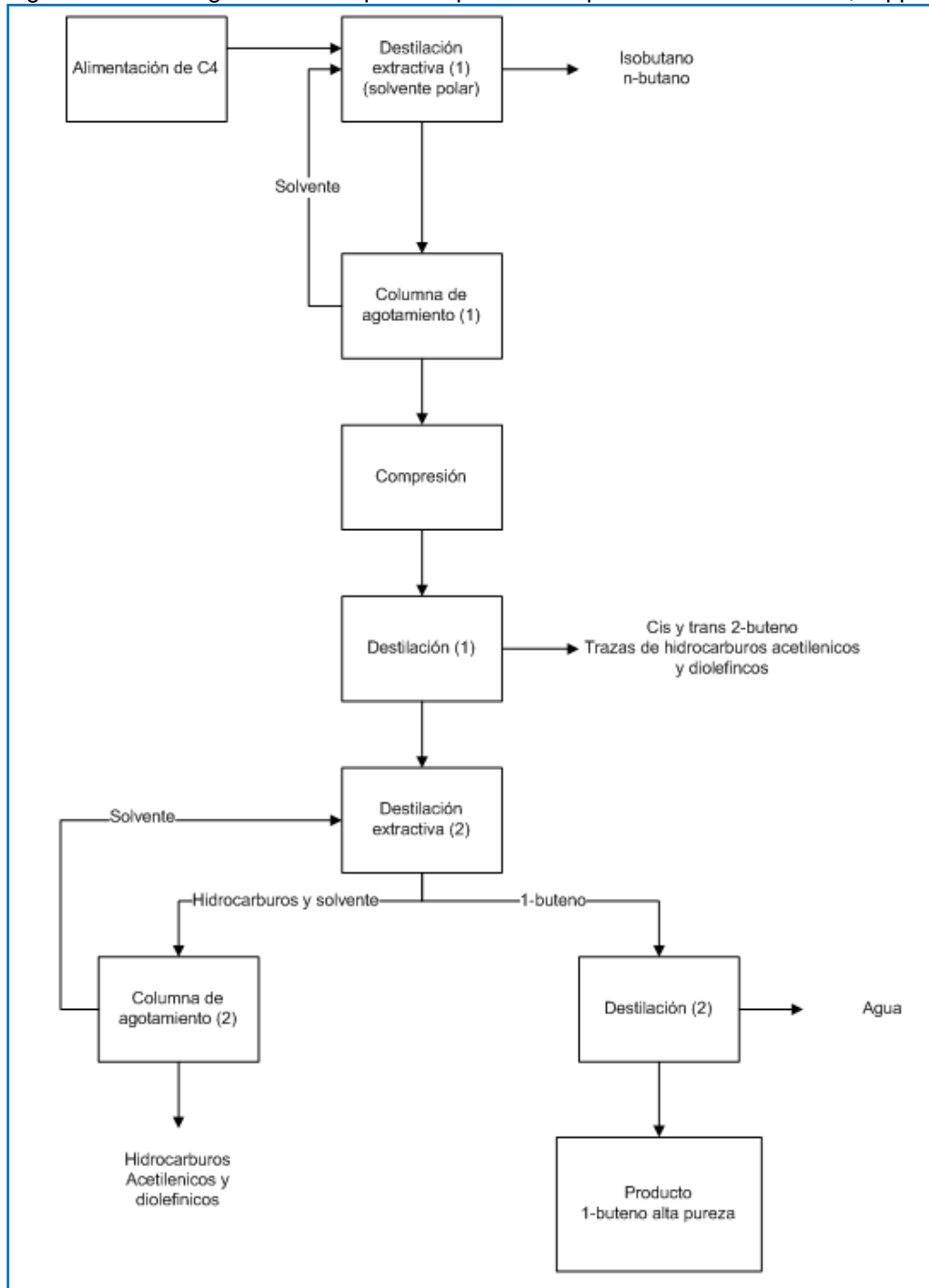
Debido a su baja volatilidad el solvente dejará la columna con los productos del fondo, éste deberá entonces ser re-circulado e introducido con o por encima de la alimentación para asegurarnos de mantenerlo en la columna el mayor tiempo posible.

Algunos de los requisitos para la elección de un solvente incluyen las siguientes características:

1. Debe afectar la relación de equilibrio líquido-vapor de los componentes clave (volatilidades relativas, α).
2. Debe tener un bajo calor o entalpía de vaporización.
3. No debe reaccionar con los otros componentes en la mezcla de alimentación.
4. Debe ser fácil de separar de los componentes con los cuáles sale de la columna.
5. Debe ser no corrosivo y no tóxico.
6. Debe ser de bajo costo.
7. Debe seguir siendo soluble en los componentes de la alimentación y no debe propiciar la formación de dos fases.
8. Debe ser compatible con el proceso y las especificaciones del producto.
9. Debe ser amigable con el ambiente.
10. No debe propiciar la formación de azeótropos.
11. Tener un parámetro de solubilidad apreciablemente diferente de uno de los componentes y muy cercano al otro.

La figura mostrada más abajo nos muestra un proceso de destilación extractiva para la separación de metilciclohexano y tolueno, con fenol como solvente. Aquí podemos apreciar como la introducción del solvente se hace a una altura mayor que la alimentación. Esto con el fin de que la interacción entre la corriente de alimentación y el solvente tengan un mayor contacto dentro de la torre de separación y así la modificación de las volatilidades suceda en mejores condiciones.

Figura No. 3.9 Diagrama de Bloques del proceso de producción de 1-buteno, Nippon Zeon.



Fuente: Elaboración propia a partir de: Nippon Zeon, LTD., "Process for separating highly pure butene-1 and butene-2", 4,515,661, United States Patent, 1985.

Otra razón de esta forma de alimentación es que debido a la baja volatilidad del solvente, éste deja la columna junto con los fondos de la torre y al alimentarlo por encima de la corriente principal, aseguramos su permanencia por más tiempo dentro de la torre.

Viendo la importancia del solvente dentro del proceso la empresa Nippon Zeon se enfocó en la mejora de éste, proponiendo su proceso para la obtención de 1-buteno de alta pureza.

Usando dos columnas de destilación extractivas en conjunto, con columnas de agotamiento y destilación simple, transforman la corriente con composición más noble y fácil de separar para obtener el producto deseado de alta pureza.

3.3 Ventajas y desventajas

La elección para usar una tecnología siempre supone de una elección que toma en cuenta los beneficios y los riesgos o perjuicios que pudieran suscitarse por la aplicación de ésta. Entre ellos se encuentra el mantenimiento requerido, la dificultad del proceso, el tipo de control, el número de pasos, los equipos, disponibilidad de materia prima, entre otros. De igual forma las tecnologías tienen sus ventajas y desventajas cuando son puestas en marcha.

Algunas de las ventajas más significativas son la reducción de costos y la uniformidad de la calidad del producto que son dos aspectos de gran relevancia a tomar en cuenta en el análisis. Siendo la calidad un parámetro con el cuál medirá el cliente e incluso por autoridades regulatorias, es importante tener el mayor control y certeza de que el proceso puede alcanzar el valor esperado.

Condiciones de seguridad y bajos rendimientos tendrán que ser también tomados en cuenta, ya que si no se tiene total certeza de que el proceso cumpla constantemente con los estándares necesarios, se debe pensar en que acciones tendrían que ser tomadas para lograrlo y las consecuencias en las que derivarían, de tal forma que no afecten de forma considerable.

Tabla No. 3.4 Ventajas y Desventajas de los Procesos.

Proceso	Ventajas	Desventajas
Metátesis de olefinas	<ul style="list-style-type: none"> -Destilación a bajo costo. -Producto de alta pureza -Temperaturas de reacción moderadas. 	<ul style="list-style-type: none"> -Dependiendo del proceso y materia prima podrías requerirse más de un paso de metátesis. -Calidad de producto variable con el tipo de catalizador utilizado
Deshidrogenación Catalítica no oxidativa	<ul style="list-style-type: none"> -Reduce costos comparado con métodos tradicionales de producción de olefinas. -Reduce emisiones de efecto invernadero -Ahorro de energía -Se elimina la necesidad de hornos de altas temperaturas. -Menor mantenimiento. -Actividad catalítica estable. 	<ul style="list-style-type: none"> -Rendimientos limitados. -Posible obtención alta de productos no deseados. -Uso de hidrógeno en el proceso
Destilación Extractiva	<ul style="list-style-type: none"> -Bajos costos -No hay formación de azeótropos. -Selección de solvente adecuado sencilla. 	<ul style="list-style-type: none"> -Uso de grandes cantidades de solventes. -Recirculación necesaria para mantener solvente dentro de la columna por más tiempo. Separación del solvente de la corriente de salida.
Dimerización de Etileno	<ul style="list-style-type: none"> -Materia prima con amplia disponibilidad en el mercado. -Se evita el uso de éteres como solventes. -Altos rendimientos -Condiciones de presión y temperatura bajas. -Calidad del producto uniforme. 	<ul style="list-style-type: none"> -Posible formación de polietileno. -Selectividad del catalizador -Dificultades en el fraccionamiento

Fuente: Elaboración propia

3.4 Conclusiones

Existen varias condiciones que dificultan la obtención por métodos simples de 1-buteno. Tecnólogos de distintas partes del mundo llevan a cabo la tarea de encontrar el camino más viable para eliminar estas dificultades.

El objetivo de los procesos es modificar las propiedades de la fuente original para obtener una corriente más propensa a una separación por métodos simples.

La adición de equipos de reacción previos a la separación permite que la corriente mejore sus cualidades, ya sea eliminando o transformando los productos no deseados.

A través de reacciones como la metátesis, la interacción de la corriente con algún catalizador o solvente se ataca la selectividad o las características de los componentes de ésta y la devuelve en condiciones más adecuadas para su posterior separación.

Se observa además que el camino tomado por cada tecnólogo depende en gran medida de la corriente de alimentación y de las propiedades de ésta. Para las distintas condiciones de entrada al proceso se toman diferentes acciones. Si bien, el fin común es obtener una corriente de sencilla separación, el camino elegido puede variar mucho con relación a los costos de producción, aprovechamiento de la materia prima, inversión inicial, costo del equipo, mantenimiento de proceso, uso de servicios. El control y la flexibilidad del proceso también deben ser dos importantes puntos a considerar.

Si bien todos estos caminos pueden darnos el producto deseado, en este caso el camino que se elija tiene una relevancia importante, ya que no sólo de él dependerán las características finales de nuestro producto, si no que es primordial que se encuentre un rendimiento máximo de todos los elementos involucrados, desde un buen aprovechamiento de la materia prima, equipo de proceso sencillo, hasta un uso racional de los químicos involucrados en la reacción, para así tener un proceso que tenga el mejor rendimiento con el mínimo gasto.

Es importante tener identificadas las características favorables y desfavorables de los procesos, sólo así se podrá tomar una decisión más certera. Considerar cada uno de los aspectos y compararlos contra los demás participantes es vital para la toma de una mejor decisión. Se debe analizar que tan “buenas” son las bondades del proceso y que tan “malos” los aspectos que no cumplen del todo con nuestros estándares. Puede darse el caso, como se verá en el siguiente capítulo, que convenga elegir un proceso a pesar de no cumplir con la totalidad de las necesidades.

Referencias

ABB Lummus Global, "Maximize butane-1 yields, a new reactor system capitalizes on shifting butane-2 to butene-1 from C4 fractions", Hydrocarbon Processing, 4, 2006.

BASF Aktiengesellschaft, "Method for producing 1-butene", 7,485,761 United States Patents, 2009.

Ciceri Silvense, Hugo N. "Análisis, productos y tecnologías petroquímicas". Maestría en Administración de tecnología (proyectos externos). 2002.

Coker, A. Kayode, Ludwig's Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants, Volumen 2, 4th ed., 2010.

Equistar Chemicals, L.P, "1-butene production", 6,884,917 United States Patents, 2005

García, Oscar; Mendoza, Remedios; Muñoz, Omar, "La metátesis y el Premio Nobel de Química" La ciencia y el Hombre, 14 (2006), núm.1.

Lyondell Petrochemical Company, "Olefin Conversion Process", 5,120,894 United States Patent, Jun. 9 1992.

Maples, Robert E., Petroleum Refinery Process Economics, 2nd, 2000.

Meyers, Robert A., Handbook of Petroleum Refining Processes, 3a., McGraw-Hill, 2004.

Nippon Zeon, LTD., "Process for separating highly pure butene-1 and butene-2", 4,515,661, United States Patent, 1985.

Speight, James G., Chemical Process and Design Handbook (2011)

Weissermel, K. Química Orgánica Industrial. Editorial Reverté, S.A., Barcelona, 1981.

Wiley, John. Wiley Critical Content - Petroleum Technology, Vol. 1-2, 2007.

Zoebelein, Hans. Dictionary of Renewable Resources. John Wiley & Sons. 2nd. 2001.

CAPÍTULO IV

EVALUACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS

4 Evaluación de las tecnologías.

Para realizar una selección de procesos adecuadamente, se requiere de la mayor información disponible de las tecnologías y empresas participantes, tomando en cuenta que esta información debe ser fidedigna, para su posterior evaluación.

Son muchos y diversos los métodos de evaluación disponibles para la evaluación de tecnologías. La evaluación es primordial en el proceso de toma de decisiones; se requiere tener un conocimiento previo para poder analizar la información obtenida y poder determinar así la mejor opción. Se puede emplear la evaluación para la elección de un proceso o tecnologías, hasta para predecir la viabilidad de un proyecto. Los métodos pueden llegar a ser “sencillos” o muy elaborados, dependiendo, además de la información disponible, del tipo de decisión que se tendrá que tomar después de la evaluación. A lo largo del tiempo se han tenido que tomar varias decisiones, no sólo para saber cuál es el mejor proceso, si no más importante aún, ¿en cuál conviene más invertir? Decisiones que conllevan cada vez mayores responsabilidades deben ser tomadas estando cada vez mejor informados. Los métodos de evaluación guiarán para poder organizar esta información, compararla y calificarla para elegir la más apropiada.

La selección del método de evaluación adecuado es fundamental y debe estar bien definido antes que cualquier cosa. Un tema de consideración fue la información con la que se cuenta dentro del estudio para la elección del método de evaluación. Una evaluación de tipo mayormente cualitativo fue seleccionada por ajustarse mejor a la información disponible de los procesos o tecnologías involucradas.

En este ejercicio de evaluación se tomaran en cuenta diversos factores tanto económicos como técnicos, que guiarán para descubrir el proceso más apto. Las diferentes tecnologías se someten a un proceso de comparación donde se evalúan diferentes aspectos del proceso, se les asigna un valor ponderado a cada uno y así poder calificar y encontrar la tecnología que se ajuste más a los estándares.

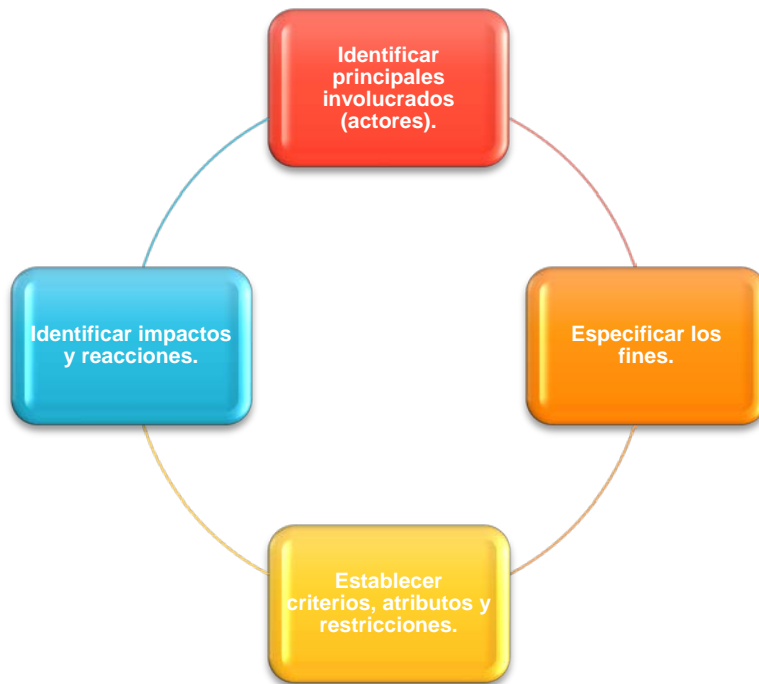
Sólo a través del análisis de los procesos es como se puede tomar una decisión más acertada.

4.1 Metodología de evaluación.

La evaluación es un proceso donde se compara y califica para obtener un juicio acerca de una situación, encaminada al cumplimiento de ciertos fines y con ello poder hacer una selección. Sin embargo, para llegar a este fin es necesario aclarar la naturaleza de la evaluación, su propósito y sus motivaciones, ya que el evaluar representa una gran responsabilidad porque al hacerlo se puede seleccionar el proceso o tecnología adecuada.

Realizar una evaluación no es tarea sencilla ya que demanda responsabilidad y sentido crítico por parte del responsable. En este proceso es importante que se defina, sin ser limitativos, lo siguiente:⁶³

Figura No. 4.1 Actividades del proceso de evaluación.



Fuente: Elaboración propia a partir de Ochoa, Fernando, *Método de los sistemas, Reporte D-38*, División de estudios de posgrado, Facultad de Ingeniería, U.N.A.M., México, 1982.

La mayor parte de los métodos para la evaluación de alternativas tecnológicas coinciden en considerar de alguna u otra forma los mismos aspectos de evaluación. En proyectos de inversión se tiende a ser más específicos al tomar en cuenta que se

⁶³Colli, Juan Alberto. "Metodología para la selección de procesos", Tesis UNAM, 2006, p80.

trata de alternativas para un mismo fin. Algunos de los métodos disponibles para evaluar alternativas de procesos son:

Figura No. 4.2 Métodos para la evaluación de alternativas tecnológicas.



Fuente: Elaboración propia a partir de Colli, Juan Alberto. "Metodología para la selección de procesos", Tesis UNAM, 2006.

Cada uno de ellos, presentan aspectos o criterios para su consideración en el desarrollo de la evaluación. Dependiendo del fin que se quiera dar a la evaluación y el tipo de información que tengamos disponible, es como se encontrará el método más adecuado para llevar a cabo la evaluación.

Cuando se evalúan proyectos de inversión es importante tomar en cuenta no sólo los aspectos tecnológicos, sino también aspectos económicos, financieros, ambientales y sociales que se verán afectados por la implantación o no implantación de éstas tecnologías.

4.1.1 Selección del método de evaluación.

El fin de esta evaluación de tecnologías es poder seleccionar aquella que resulte la mejor opción para la producción de 1-buteno. En esta etapa se evaluarán exclusivamente aspectos con referencia a los procesos involucrados en el estudio, es decir, evaluaremos las tecnologías y los impactos que tengan dentro de la industria.

Para esta evaluación no se hará distinción por tecnólogo, siendo únicamente las operaciones unitarias en las que se han dividido los procesos como los referentes para señalar a los involucrados o actores de la evaluación.

Basándose en la información que se tiene disponible sobre los involucrados se elige el método que de un manera objetiva guiará hacia cual será la mejor alternativa.

Un método de evaluación, sugerido por Landis y Hamilton⁶⁴ en 1984, propone la evaluación de los procesos por medio de la asignación de categorías en las cuáles se califica a cada uno de ellas. A cada categoría se le asignarán valores de 1 (insatisfactorio) a 10 (sobresaliente). (ver tabla).

Así cada tecnología será calificada y obtendrá una calificación parcial para cada una de las categorías.

Tabla No. 4.1 Rango de evaluación de las tecnologías.

Valor	Descripción	Definición
10	Sobresaliente, superior	Todas las calificaciones exceden los estándares deseados
9	Arriba del promedio	La mayoría de las calificaciones exceden los estándares deseados
8	Medio alto	Sin debilidades, generalmente exceden los estándares deseados
7	Promedio	Pocas debilidades, generalmente cumple los estándares deseados
6	Abajo del promedio	Algunas debilidades, no cumple algunos estándares deseados
5	Debajo de la media	Varias deficiencias, generalmente por debajo estándares deseados
4	Inadecuado	Muchas deficiencias, no cumple muchos estándares
3	Pobre	Deficiencias graves, casi no cumple ningún estándar
2	Malo	Deficiencias extremas, casi inaceptable
1	Insatisfactorio	Totalmente inaceptable

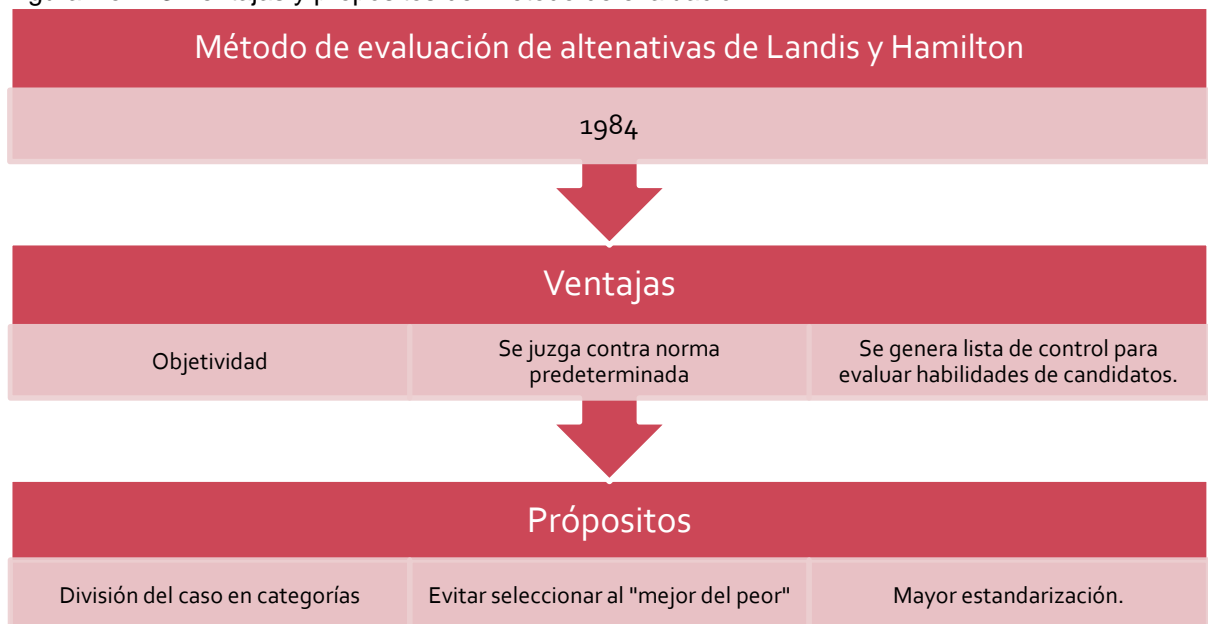
Fuente: Elaboración propia a partir de Robert L. Landis and James E. Hamilton, "Technique evaluates engineering alternatives", Chemical Engineer, p.93.

64 Robert L. Landis and James E. Hamilton, "Technique evaluates engineering alternatives", Chemical Engineer, (1984), Octubre , p.91

A las categorías se les asigna un factor de ponderación de acuerdo a su impacto y participación dentro el proceso. Si bien la asignación de las categorías y los valores de ponderación, se puede decir, que son de forma subjetiva, el método es considerado objetivo debido a que la selección de los estándares se hizo con anterioridad y de forma independiente al tipo de proceso.

La calificación global se obtiene sumando las valuaciones y multiplicando por los factores para cada categoría. La ventaja principal del método es su objetividad. A veces las personas hacen selecciones integrando todos los aspectos, positivos y negativos de las alternativas y así es difícil permanecer objetivos y escoger la mejor selección global. El proceso simplifica la evaluación y ayuda a evitar opiniones negativas o positivas que influyan en la decisión, ya que minimiza el problema dividiendo el caso en categorías que se analizan y valoran en cada momento. Con el método propuesto, los méritos de cada proceso serán juzgados contra un estándar. Se generará una lista de valuación para evaluar la habilidad de cada candidato, forzando al evaluador a revisar las capacidades de cada uno por categoría. Otra ventaja es que el método dará un puntaje global, mientras se muestra que tan cerca está del estándar en cada categoría.

Figura No. 4.3 Ventajas y propósitos del método de evaluación.

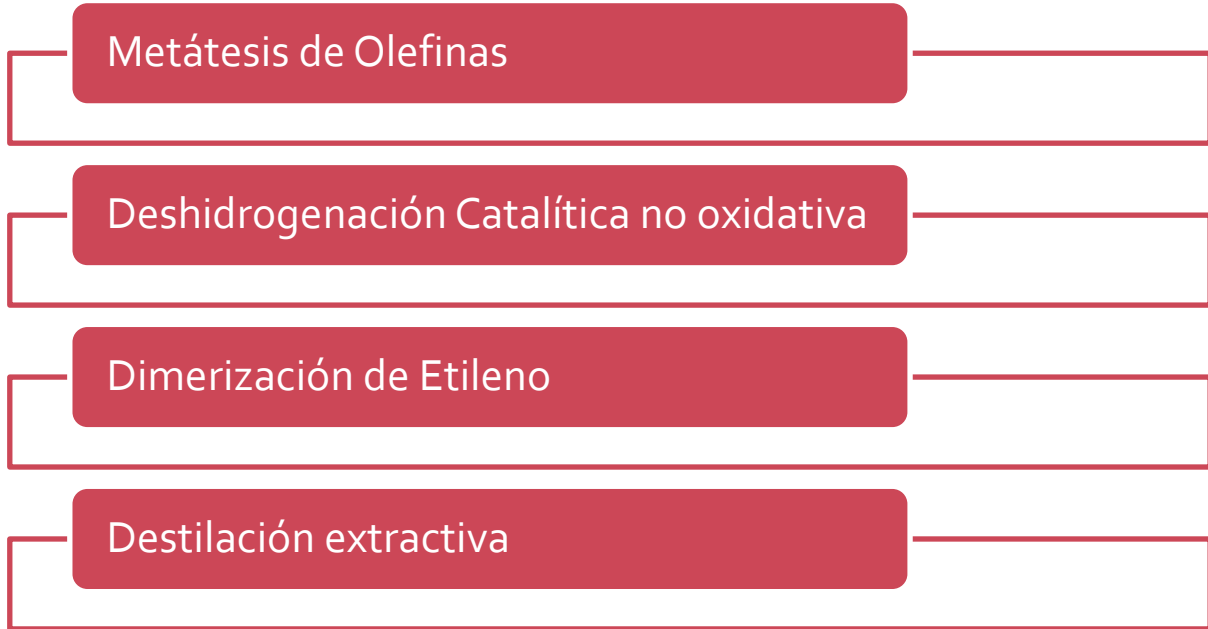


Fuente: elaboración propia a partir de Robert L. Landis and James E. Hamilton, "Technique evaluates engineering alternatives", Chemical Engineer, p 91.

4.2 Evaluación de las tecnologías.

De acuerdo al método primeramente se definirán a los procesos involucrados en la evaluación, los cuales se presentan a continuación:

Figura No. 4.4 Participantes en la evaluación de tecnologías.



Fuente: Elaboración propia.

El siguiente paso es el de establecer las categorías para la evaluación. En el método se sugieren algunas consideraciones para la elección de éstas.

Basándonos en la información acumulada sobre cada uno de los procesos, se eligieron las categorías por considerarse partes fundamentales a evaluar durante el proceso. Como se ha dicho anteriormente, a éstas categorías se les debe asignar un valor de ponderación. Las categorías elegidas para el proceso de evaluación se enlistan a continuación, junto con los factores a considerar en cada una:

- **Diseño del proceso.** Complejidad del proceso, facilidad de control, requerimiento de equipo especial y flexibilidad de la operación.
- **Experiencia comercial.** Número y capacidad de unidades similares con licencias.
- **Materia prima.** Disponibilidad, complejidad, tipo y costo de la materia prima.

- **Calidad de los productos obtenidos.** Pureza, áreas de cobertura de aplicación, productos de reciclado, métodos de purificación y recuperación del producto.
- **Rendimiento de la reacción.** Porcentaje de conversión de la materia prima a producto final.
- **Costos de operación.** Mantenimiento de materia prima, recuperación/regeneración de catalizador, cantidad de solvente requerido, recuperación de solvente, costo catalizador y requerimientos de catalizador.
- **Costos de inversión.** Costo de equipo y costos por planta de producción.
- **Condiciones de operación.** Uso de servicios, control de presiones y temperaturas, condiciones ideales de reacción y seguridad de condiciones de operación.
- **Cantidad de productos no deseados y/o residuos.** Subproductos derivados de las reacciones principales, secundarias o también aquellos que quedan fuera del proceso y no tienen uso práctico en el mismo.
- **Complejidad de la reacción.** Tiempo de reacción, condiciones de la reacción, limitaciones de la reacción y condiciones especiales.

Tabla No. 4.2 Descripciones de las categorías.

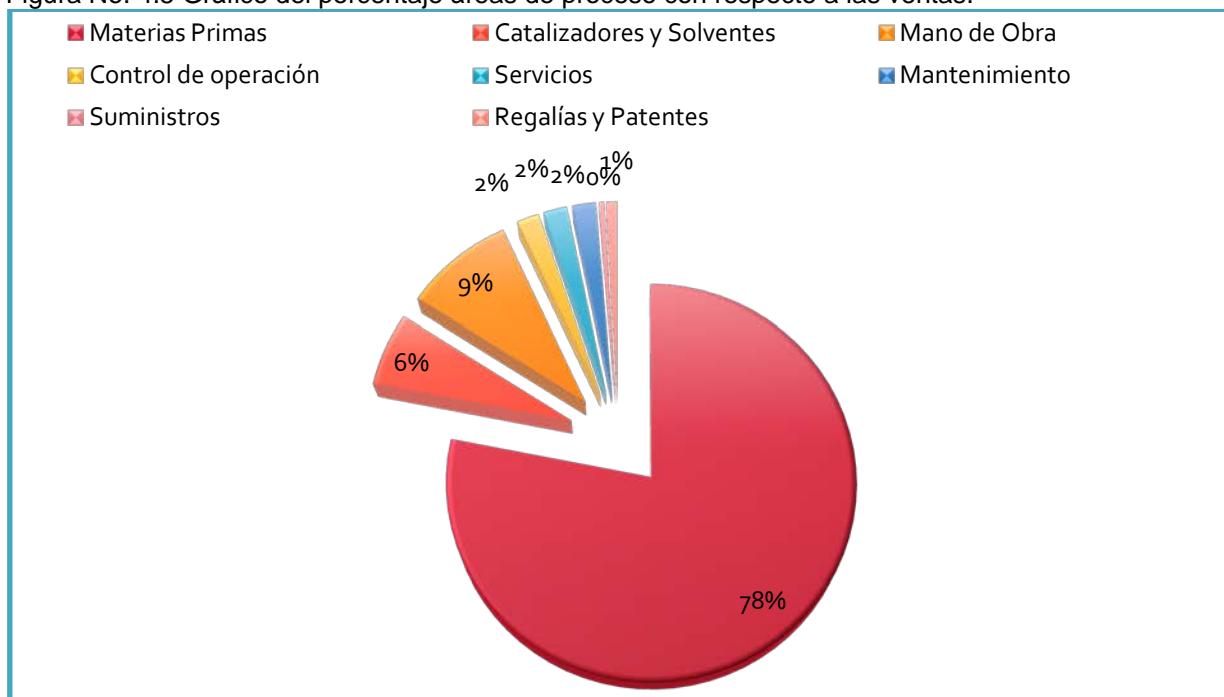
DESCRIPCIONES DE LAS CATEGORÍAS	
Diseño del Proceso	Complejidad del proceso, operaciones unitarias probadas, consideraciones de seguridad, facilidad de control, requerimientos de equipo especial, requerimientos inusuales de mantenimiento, flexibilidad de la operación, rendimientos.
Experiencia Comercial	Número/capacidad de unidades similares y localización.
Capacidad de los Productos	Pureza, número de grados, áreas de aplicación cubiertas y recuperación del producto.
Costos de Operación	Utilidades, mano de obra para la operación y mantenimiento, derechos de las licencias, mantenimiento de materiales, requerimientos de materias primas, catalizadores, químicos, etc.
Costos de Inversión	Equipo, materiales a granel, construcción civil, ingeniería de detalle, costos de construcción/arranque, procuración, capital de trabajo.
Restricciones del Mercado	Limitaciones impuestas por el licenciador en donde el producto pueda ser manufacturado, vendido, usado.
Garantías y cobertura de las patentes.	Capacidad, recuperación, calidad garantía de utilidad con penalidades, términos y condiciones del desarrollo de pruebas.

Fuente: Elaboración propia a partir de Robert L. Landis and James E. Hamilton, "Technique evaluates engineering alternatives", Chemical Engineer, p 93.

Con las categorías seleccionadas se procede a la asignación del factor de ponderación. Este paso es vital ya que se le asigna a cada categoría un factor que determina su impacto dentro del proceso. Es decir, a mayor impacto generado por la modificación, aumento o disminución en determinados parámetros o aspectos del proceso, mayor relevancia tendrán en el mismo, provocando así que se les asigne un mayor o menor valor de ponderación.

Una forma de evaluar la relevancia de cada categoría es considerar el impacto económico y/o energético que representa, siendo éstos valores, primordiales en la eficiencia del proceso. Cuando se altera (disminuye, modifica o aumenta) cierta característica del proceso, puede llevar a la mejora o deterioro del sistema, lo que conlleva a que la eficiencia de éste suba o baje.

Figura No. 4.5 Gráfico del porcentaje áreas de proceso con respecto a las ventas.



Fuente: Elaboración propia a partir de Tabla 9-20 de Perry, Robert H., Perry's Chemical Engineers' Handbook, 7ª ed., Mc Graw-Hill, 1997, p 9-42.

Dado que las ventas de una producción son un factor de suma importancia para la generación de utilidades en una empresa, se eligió tomar como punto de referencia para la asignación de factores de ponderación datos teóricos de un estudio donde se muestra el porcentaje de gasto que representa, respecto a las ventas, cada uno de

las áreas del proceso⁶⁵. Se puso especial atención en los datos correspondientes directamente al proceso o de manufactura directos puesto que son los que para este efecto nos importan más. En el gráfico se presentan los porcentajes en proporción que corresponden a los gastos directos de manufactura. Cabe señalar que éstos gastos indirectos de igual forma corresponden a un 56.6% del total de las ventas de un producto químico.

Tomando como referencia éstos valores, entre otras consideraciones, como los estándares requeridos por el producto final, como son su pureza, o las buenas prácticas de manufactura que nos piden cero desperdicios (además de que los desperdicios o subproductos son parte de la inversión no aprovechada), se asignó el factor para cada categoría tomando en cuenta la relevancia reflejada en las ventas de la producción. Esto nos indica la importancia y por la tanto, la atención que tener en éste rubro, ya que si no es satisfactorio podría representar grandes gastos e incluso pérdidas, para la empresa si resulta eliminado, adicionado o de mala calidad.

Tabla No. 4.3 Categorías con factor de Ponderación.

#	CATEGORÍA	FACTOR DE PONDERACIÓN
1	Diseño del proceso	10
2	Experiencia comercial	5
3	Materia prima	20
4	Calidad del producto final	20
5	Rendimiento de la reacción	10
6	Costos de operación	5
7	Costos de inversión	5
8	Condiciones de operación	5
9	Cantidad de productos no deseados	10
10	Complejidad de la reacción	10
Suma Total		100

Fuente: Elaboración propia a partir de Robert L. Landis and James E. Hamilton, "Technique evaluates engineering alternatives", Chemical Engineer.

⁶⁵Perry, Robert H., Perry's Chemical Engineers' Handbook, 7ª ed., Mc-Graw Hill, 1997, pp 9-41,9-42 .

Es así que para nuestra evaluación se asignan valores mayores a la materia prima y calidad del producto final, siendo éstos estándares con mayor prioridad dentro del proceso. De igual forma se ponderan con menor valor los costos de operación.

Con los aspectos de evaluación ya definidos se puede realizar la evaluación para posteriormente seleccionar la tecnología más adecuada a los intereses particulares del caso.

Tabla No. 4.4 Calificaciones de los procesos para obtención de 1-buteno.

Categoría	Factor	Metátesis de Olefinas		Deshidrogenación Catalítica		Destilación Extractiva		Dimerización de Etileno	
		Calificación	Puntaje	Calificación	Puntaje	Calificación	Puntaje	Calificación	Puntaje
Diseño del proceso	10	7	70	9	135	8	120	6	90
Experiencia comercial	5	9	45	8	40	7	35	10	50
Materia prima	20	8	160	9	90	7	70	9	90
Calidad del productofinal	20	10	200	3	30	10	100	9	90
Rendimiento de la reacción	10	8	80	9	90	9	90	9	90
Costos de operación	5	8	40	8	80	9	90	9	90
Costos de inversión	5	6	30	8	80	5	50	9	90
Condiciones de operación	5	9	45	8	120	9	135	9	135
Cantidad de productos no deseados	10	8	80	10	100	9	90	9	90
Complejidad de la reacción	10	7	70	8	40	7	35	9	45
TOTAL	100	820		760		820		875	

Fuente: Elaboración propia a partir de Robert L. Landis and James E. Hamilton, "Technique evaluates engineering alternatives", Chemical Engineer.

4.3 Análisis de resultados de la evaluación.

Las calificaciones obtenidas por los procesos en la evaluación son el resultado de las condiciones de cada uno comparadas con lo que se espera del proceso. Las bajas calificaciones dicen que no cumplen del todo con lo solicitado. Por ejemplo, el proceso de deshidrogenación catalítica tiene la más baja calificación en la categoría de calidad de los productos obtenidos, esto al no poder llegar a la pureza mínima requerida por el proceso. Contrario al caso de metátesis y destilación extractiva donde ambos superan con tranquilidad esta característica. Si bien el proceso de dimerización de 1-buteno cumple con ésta característica se requieren de condiciones especiales y muy bien controladas, para obtener el resultado, lo que le da una calificación más baja.

Como aclara el método desde el principio, al ser dividido en categorías se puede ver, no sólo su desempeño global como proceso, sino que también ver las debilidades y fortalezas individuales y más específicas de cada uno, lo que no lleva a tomar una mejor decisión.

La importancia de cada categoría asociada con el factor de ponderación, facilita la tarea de identificar la tecnología más apropiada. Al ser comparadas por separado las categorías, podemos enfocarnos en aquellas de mayor relevancia, de acuerdo a la ponderación asignada y al encontrar las mejor calificadas, se tendrá la certeza de que los estándares prioritarios estarían cubiertos. Para los casos de deshidrogenación catalítica y dimerización encontramos que ambos tienen una alta calificación en el rubro de materia prima; esto por ser una materia de fácil acceso ya que es un producto altamente comercial y con abasto suficiente, lo cual evitaría que los precios en el mercado fluctúen mucho, volviendo su costo muy variable, o bien, existan problemas de abastecimiento, resultando de igual forma en un incremento en el precio, además de que es probable que los tiempos de entrega sean muy largos o difíciles de predecir.

Sin embargo, no es el mismo caso para la calificación en la calidad del producto final; des-hidrogenación catalítica obtiene una calificación muy baja, mientras que

dimerización está entre las más altas. Esto dice que en la mayoría de los casos en el uso de esta tecnología se puede alcanzar y cumplir la calidad que se exige, para el uso posterior de 1-buteno. Lo cual no sucede en el caso de la deshidrogenación y esto podría causar problemas tanto en la operación, si hay variaciones en las condiciones de proceso que impidan que se logre cierta calidad en el producto final; tanto como con el cliente, al ofrecerle un producto donde su calidad no es constante e incluso podría, no cumplir la que nos solicita.

El proceso que más se adecua a las necesidades es el de dimerización de etileno que a pesar de su baja calificación en la categoría de diseño del proceso, por tener que haber condiciones muy controladas para la lograr la alta pureza requerida. Sus fortalezas en los demás aspectos del proceso, como la alta y constantecalidad del producto final, la flexibilidad de la materia prima utilizada, la importante disminución de productos no deseados, hacen que éste sea el proceso elegido para nuestra causa. Estas fortalezas se reflejan en sus puntuaciones finales y hacen que loelijamos como la mejor opción disponible.

4.4 Conclusiones.

La nobleza del método de evaluación nos muestras las bondades y debilidades de cada unos de los procesos. De esta forma podemos tener mayores argumentos para tomar una decisión, ya que es importante ver no sólo el desempeño global del proceso, sino uno más específico que ayude a decidir cuál es el que más conviene. En este caso por ejemplo, la calidad del producto final es primordial y sumamente importante que se cumpla. Si hubiera pasado que el proceso con mayor calificación global no cumpliera con esta categoría, no hubiera podido ser elegido como la mejor opción, a pesar de sus demás notas satisfactorias. Esto porque la finalidad de nuestro producto necesita características muy puntuales para poder ser utilizado y a pesar de que un proceso resulte el más conveniente, no es de utilidad, si no cumple con el principal objetivo.

Si bien, se ha visto que a pesar de ser este un estudio con datos muy básicos de cada proceso, se realizó un análisis objetivo que cumple con lo que se esperaba. Sin embargo siempre es importante hacer un estudio con la mayor cantidad de datos sobre el proceso y de esta forma podrán ser considerados todos los aspectos de éste y ser evaluados de una forma más objetiva.

La evaluación de las tecnologías es una etapa importante en el desarrollo de un proyecto y ésta se puede presentar al inicio de la construcción de una nueva planta o en el caso que se pretenda hacer re-ingeniería en una existente. La decisión no debe ser tomada a la ligera, ya que representa, además de una gran inversión, el primer paso para el inicio de una empresa exitosa o todo un fracaso. Hacer un estudio y su correspondiente análisis será la diferencia que definirá si la inversión se vuelve altamente rentable y se recupere en el menor plazo posible ó se convierta sólo en un gasto.

Sin embargo, otro aspecto importante para una buena elección es la definición de los estándares que se buscan. Como hace referencia el estudio de Landis y Hamilton tenemos que tener bien definidos los estándares de comparación, "lo que se quiere", incluso antes de buscar tecnólogos que puedan ofrecernos alternativas. Si todas las condiciones y necesidades del proceso no están bien definidas, se podría estar tomando una decisión errada que pudiera tener fuertes consecuencias en el costo del proyecto y volverse complicado si se quisiera hacer modificaciones en un futuro.

Referencias

Colli, Juan Alberto. "Metodología para la selección de procesos", Tesis UNAM, 2006.

Ochoa, Fernando, Método de los sistemas, Reporte D-38, División de estudios de posgrado, Facultad de Ingeniería, U.N.A.M., México, 1982.

Perry, Robert H., *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, 7^a ed., Mc-Graw Hill, 1997.

Robert L. Landis and James E. Hamilton, "Technique evaluates engineering alternatives", *Chemical Engineer*, Octubre 1984.

CAPÍTULO V

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

5 Estudio de alternativas

La elección de la tecnología apropiada no es, por si sola, garantía permanente de que se tendrá el proceso más eficiente. Las buenas prácticas y la mejora continua de éste, llevan a ser altamente productivos, con una gran eficiencia y por consiguiente, altamente competitivos. Sin embargo, los estudios en las innovaciones no sólo benefician a la empresa productora; algunas instituciones educativas o centros de investigación donde se llevan a cabo estos descubrimientos o invenciones se ven recompensadas con el pago de regalías de sus patentes desarrolladas.

Para observar las consecuencias de la implementación de las mejoras en los procesos se presenta una comparación de las innovaciones que han tenido las diferentes tecnologías y los tecnólogos involucrados en ellas. Si bien, ya se ha mencionado la importancia de la innovación en la industria, la comparación entre las tecnologías nos dará un panorama más amplio de las ventajas o desventajas que implica su aplicación.

Se hizo una evaluación económica de los impactos generados en los procesos y una estimación de los ahorros generados en los costos de producción. De igual forma, se presentan las modificaciones que surgen tanto en el rendimiento y pureza del producto, como en la generación de subproductos no deseados, a partir de la aplicación de las mejoras.

5.1 Innovaciones por tecnología

El interés de empresas y tecnólogos por desarrollar mejoras en sus procesos tienen implicaciones económicas y de competencia por el mercado en el que se encuentran. La implementación de éstas se ven reflejadas en ahorros para las empresas que las llevan a cabo, convirtiéndolos en contendientes destacados.

Sin embargo, las mejoras podrían no cumplir con todos los estándares que se buscan. En ocasiones, a pesar de mejorar una característica del proceso, el producto

final no alcanza las especificaciones finales requeridas. Los cambios o las modificaciones que requiera el proceso para ser más eficiente, energética y económicamente, no deben degradar la calidad del producto final ya que esto pone en riesgo la reputación de la empresa en el mercado.

Se inicia este análisis con una de las tecnologías que ha sido muy popular desde hace ya varios años, dentro de la industria, la **dimerización de olefinas**. A mediados de los 70's la técnica de dimerización se utilizó para la obtención de 1-buteno a través de etileno.

En el proceso de dimerización nuestros participantes son el Instituto Francés de Petróleo (IFP) y el Instituto de Físico-Química de la antigua Unión Soviética (*Institut Khimicheskoi Fiziki an SSSR*).

El **IFP** es el primero en tomar las patentes ya publicadas en años anteriores y retomar el estudio para su mejora. Tomando como referencia éstas, se ocupa por poner atención en el catalizador y el medio en el que se lleva a cabo. Algunos de los problemas que se tenían en el proceso era la cantidad de polietileno de alto peso molecular que era formado. Si bien, varias mejoras fueron propuestas, no eran de uso práctico para procesos industriales.

IFP encontró que la adición de un éter a la mezcla previamente formada de catalizador y que la reacción se dé en un medio de hidrocarburos, se mejoran considerablemente la actividad y selectividad de la reacción.

Los componentes del catalizador son mezclados dentro de uno de los productos de reacción o productos derivados de los mismos, evitando así el consumo o recirculación del solvente, que siempre es difícil de separar de una mezcla obtenida mediante oligomerización. Con esto se evita el uso de éteres (u otro externo) como solventes y su consecuente desventaja, como dificultades en la separación. Sin embargo y a pesar de la gran mejora en el rendimiento de la reacción, la pureza no supera el 95%. Por lo tanto, no cumple con lo requerido para el uso de 1-buteno como comonomero en la producción de plásticos.

En el caso del **Instituto de Físico-Química** (ubicado en el distrito de Groznensky, en Rusia), notaron en los trabajos anteriores que, además de la producción de polímero de alto peso molecular en la zona de reacción, el rendimiento del producto final era muy bajo. Procesos donde utilizaban como catalizador tetra-alcoxitanato, trialquilaluminio y un aditivo orgánico como isopropanol, butanol o fenol, en un solvente orgánico, se tenía una alta selectividad (99.75%vol de 1-buteno) pero el rendimiento era muy bajo (101-214 g/gTi(OR)). De igual manera centran su atención en el desarrollo de un mejor catalizador.

Tabla No. 5.1 Mejoras a los procesos de obtención de 1-buteno.

Tecnólogo	Proceso	Condiciones Previas	Mejora	Resultados Posterior a la mejora
Equistar Chemicals, LP	Metátesis de olefinas	-Materia prima con p.e. cercanos -Requiere separación total de C6. -2-metilbuteno-2 es requerido para la reacción, después de la metátesis se transforma en isobutileno.	Reacción de metátesis que proporciona una corriente de fácil separación. -Separación entre puntos de ebullición de más de 10°F.	-La alimentación puede tolerar C6 -No se requiere 2-metilbuteno-2 en la reacción, no hay formación de isobutileno. -Destilación de costos bajos. -1-buteno de alta pureza (99%)
BASF Aktiengesellschaft	Deshidrogenación Catalítica no oxidativa	-Grandes cantidades de eteno y propeno son formados como coproductos. -Formación de 2-buteno y butadieno	-Recirculación de n-butano que no reaccionó hacia deshidrogenación	-Uso efectivo de materia prima -No se obtiene 2-buteno y butadieno como coproducto -Las cantidades de eteno y propeno son significativamente menores.
Nippon Zeon Co. Ltd	Destilación Extractiva	-Destilación simple -Cercanías en puntos de ebullición, separación económicamente inviable	-Destilación extractiva -Uso de solvente polar para modificar volatilidades.	-Ahorros energéticos
Instituto Francés del Petróleo	Dimerización de Etileno	-Método K. Ziegler antecesor -Grandes cantidades de polietileno de alto peso molecular eran formados.	Catalizador obtenido por la interacción de un titanato de alquilo con un compuesto de alquilaluminio.	-Se evita uso de solventes. -Mejora considerable del rendimiento de la reacción. -Baja pureza de 1-buteno (93.04%)
Institut Khimicheskoi Fiziki an SSSR	Dimerización de Etileno	-Bajos rendimientos de reacción (80-347 g/g Ti(OR) ₄) -Formación de polímero sólido en la zona de reacción.	Cambio a un catalizador complejo organometálico	-Aumento de rendimiento casi 4 veces mayor (872 g/g Ti(OC ₄ H ₉) ₄) y reducción de presencia de productos no deseados. -Pureza alcanza 99.4

Elaboración propia a partir de datos publicados en las patentes (ver Referencias).

Para lograr la mejora utilizan un catalizador complejo organometálico que contiene alcoholato de titanio de la fórmula $Ti(OR^1)_4$, (R^1 es un radical alquilo) que contiene adicionalmente un compuesto orgánico de magnesio de fórmula MgR^3_2 y/o MgR^3X (R^3 es un radical alquilo y X es Br, Cl o I). El catalizador con el que obtuvieron una

pureza de 99.4% de 1-buteno fue el $\text{Ti}(\text{OC}_4\text{H}_9)_4$. De igual forma se alcanza un rendimiento del producto de 872g/g $\text{Ti}(\text{OC}_4\text{H}_9)_4$.

Para el proceso de **metátesis de olefinas** propuesto por **Equistar Chemicals** se optó por iniciar el proceso con una corriente rica principalmente de pentenos (2-penteno y 1-penteno) y algo de hexeno (3-hexeno). A través de la reacción de metátesis se logró obtener una corriente donde los compuestos tienen al menos -12°C (261K) de separación entre sus puntos de ebullición, haciéndola más accesible para una separación por métodos simples. Se usa la destilación simple como medio de separación para la obtención de 1-buteno, de igual forma se evita la formación de isobutileno al no requerir en la reacción 2-metilbuteno-2, como se indicaba en propuestas anteriores. Al ser el medio de separación simple los costos de operación son bajos en comparación a otros métodos de separación propuestos.

Uso de solventes

Nippon Zeon Co. Ltd, ofrece la **destilación extractiva** como un camino para resolver los problemas de la cercanías en los puntos de ebullición de las corrientes de C₄'s y el pobre rendimiento de la reacción. Ya que en casos de estas características la destilación ordinaria se vuelve económicamente inviable, se proponen dos columnas de destilación extractiva. Se propone usar dos pasos de extracción usando un solvente polar (dimetilformamida, $\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}$), junto con dos de destilación simple para obtener 1-buteno de gran pureza. El solvente polar cumple la función de afectar las volatilidades de las sustancias haciendo la separación más sencilla y en pasos posteriores sea posible la separación por destilación simple.

Por su parte **Basf Aktiengesellschaft** vio en la **deshidrogenación** una alternativa para la producción 1-buteno. Sus primeros registros de publicaciones al respecto datan del 2007 donde hacen la observación de que las corrientes de C₄'s, principal materia prima para la obtención de 1-buteno, debido a su forma de producción cuenta con productos indeseables en nuestro proceso. Por ejemplo, suelen tener cantidades relativamente grandes de 2-buteno y butadieno. De igual forma los procesos anteriores suelen tener una gran generación de subproductos.

A raíz de esto, proponen una reacción de deshidrogenación catalítica no oxidativa como reacción principal del proceso para la obtención de 1-buteno. Su objetivo es proporcionar un proceso en el cual la generación de subproductos disminuya, haciendo un uso efectivo de la materia prima. Esto es logrado con la recirculación de n-butano que no reaccionó hacia la zona de deshidrogenación. De igual forma al pasar por esta zona, butadieno y 2-buteno, se elimina su generación como subproductos del proceso. Sin embargo no se alcanza la pureza de 1-buteno que se requiere para su empleo como co-polímero.

La tabla anterior nos muestra un resumen de las mejoras de cada tecnólogo y los resultados que se obtienen en comparación con su antecesor.

Algunos realizan cambios para mejorar el rendimiento de la reacción mientras otros se preocupan por modificar las propiedades de la corriente de alimentación y con ellos hacer más factible su separación.

5.2 Implicaciones económicas

La mejora de los procesos siempre va encaminada a poder hacer más con menos o con lo mismo. Las mejoras propuestas tienen el objetivo de obtener ahorros en la producción, en este caso, de 1-buteno, ya sea a través de conseguir un mejor rendimiento de la materia prima, minimizando la generación de productos no deseados, evitando el uso de sustancias que requieran tratamiento especial o mejorar el rendimiento de las sustancias catalizadoras.

En el ramo industrial los ahorros son muy valiosos, ya que al hablar de cantidades monumentales de producción y de todos los gastos, tanto materiales como económicos, que esto conlleva, disminuir o aprovechar mejor los materiales es una búsqueda constante de las empresas. Estos ahorros podemos medirlos al comparar los gastos o rendimientos en el proceso antes y después de la aplicación de la mejora. A continuación se dan unos ejemplos de los impactos económicos de la innovación en procesos industriales.

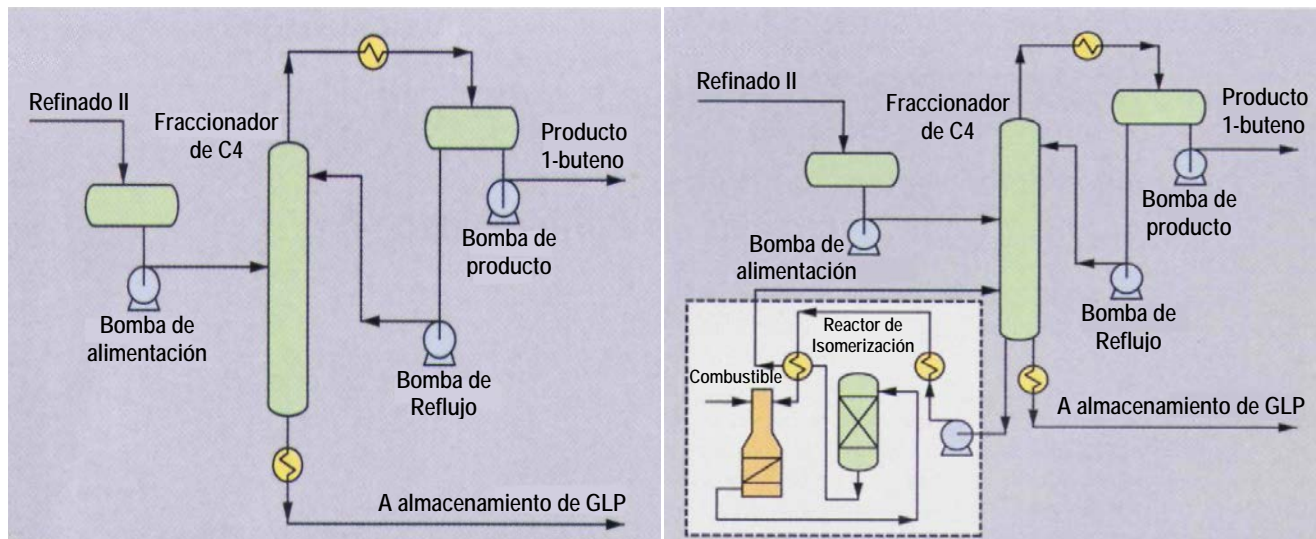
El 1-buteno al no ser un producto final en la cadena de los procesos, si no uno intermedio, los datos disponibles sobre su producción, particulares de cada tecnólogo o empresa productora, son difíciles de conseguir. Muchos de ellos lo usan como producto intermedio para la elaboración de los productos mencionados en capítulos anteriores, de esta forma, no hay muchas cifras de ventas, costos de producción, inversión de la planta, respecto del tema.

Sin embargo basándonos en datos publicados respecto a mejoras similares a las vistas en este capítulo, se presentan a continuación un panorama rápido del impacto que se tiene en la innovación de los procesos.

Equipos de reacción previos para mejorar la separación de la mezcla.

Siendo este el más concurrido de nuestras opciones propuestas en las mejoras analizaremos un caso donde se adiciona una reacción previa al paso de separación de la corriente.

Figura No. 5.1 Proceso de obtención de 1-buteno antes y después del sistema de reacción.



Elaboración a partir de ABB Lummus Global, "Maximize butane-1 yields, a new reactor system capitalizes on shifting butane-2 to butene-1 from C4 fractions", Hydrocarbon Processing, 4, 2006, p58.

Cuando tratamos con corrientes de difícil separación o que es inviable su tratamiento por métodos convencionales, se recurre a la ayuda de un catalizador o solvente que reaccione con la fuente y lo convierta en una corriente con características más favorables a la separación. En un estudio, se muestra como la adición de un nuevo sistema de reacción previo a la entrada de la torre de separación mejora el rendimiento proporcionando así, ahorros cuantificables.

En este estudio se obtuvo que, con la adición de este paso de conversión, se incrementa el aprovechamiento de la corriente de alimentación de un 36 y hasta un 54%. Dependiendo el número de recirculaciones que se empleen, puede aumentar hasta un 88%. Esto consecuentemente, se refleja en ahorros. En la siguiente tabla se hace la comparación de dos casos de estudios, el primero donde se manejan como una constante la producción de 1-buteno y el segundo donde se mantiene constante la alimentación.

Tabla No. 5.2 Comparación económica de los casos.

	Convencional	Caso 1	Caso 2
Costos de capital (US \$1,000)			
Costo total de instalación (ISBL)	\$ 5,554	\$ 7,086	\$ 9,785
Productos menos alimentación (\$1,000/año)			
Costos de mezcla de butenos alimentados @\$300/tonelada metrica	\$ (23,100)	\$ (15,600)	\$ (23,100)
Crédito para producto 1-buteno @\$800/tonelada metrica	\$ 16,400	\$ 16,400	\$ 27,450
Crédito para subproducto (LPG) @\$200/tonelada metrica	\$ 11,300	\$ 6,300	\$ 8,516
Neto	\$ 4,600	\$ 7,100	\$ 12,866
Costos de Operación (US \$1,000/año)			
Servicios, mantenimiento, operadores, seguro, reemplazo de catalizador	\$ 994	\$ 1,274	\$ 2,234
Margen Bruto	\$ 3,606	\$ 5,826	\$ 10,632
Sistema de tiempo de retorno (meses)	18	15	11
Pago incremental (meses)	Base	8	7

Elaboración a partir de ABB Lummus Global, "Maximize butane-1 yields, a new reactor system capitalizes on shifting butane-2 to butene-1 from C4 fractions", Hydrocarbon Processing, 4, 2006.

Cabe destacar la diferencia considerable que se encuentra para los diferentes casos, donde incluso, para el tercer caso, se tienen un 300% de utilidades brutas, antes de impuestos, al aplicar la mejora al proceso, en este caso la recirculación, a pesar de que los costos de operación que son un poco más del doble por la adición de equipo nuevo, mantenimiento, regeneración del catalizador. La productividad aumenta en casi un 250% logrando que las utilidades aumenten de forma significativa.

Este caso es una clara muestra de que la innovación puede desarrollar avances en las tecnologías, lo suficientemente efectivos como para que la inversión que representan, incluyendo investigaciones y pruebas piloto, pase a segundo término, respecto a las utilidades y mejoras que aportará al proceso.

5.3 Conclusiones

El control y la flexibilidad de un proceso son de vital importancia en el desarrollo de mejoras y avances en el mismo. La innovación de los procesos industriales no puede limitarse sólo a los resultados obtenidos en laboratorios donde las condiciones y el comportamiento del proceso pueden ser más fácilmente controlados. Las grandes escalas de las plantas industriales muchas veces no permiten el control que se tiene en la pequeña escala.

De ahí la importancia de tener un proceso flexible y de fácil manejo donde con las condiciones lo más simples posibles se pueda obtener el producto que se desea. En este capítulo pudimos notar, entre otras cosas, que la flexibilidad de un proceso es una ventaja grande, al tener disponible una cantidad mayor de posibilidades para su mejora y su aplicación, adaptándose a distintas condiciones que pudieran presentarse.

Sin embargo, también se puede observar que no todas las mejoras alcanzan el objetivo particular, aunque alguna de las analizadas hacía logros importantes con respecto al rendimiento de reacción o la disminución de productos no deseados. La pureza que se lograba seguía siendo insuficiente para el uso que se deseaba darle al producto final, la calidad que se requiere no se cumple. Casos como los de BASF

con la deshidrogenación catalítica y el Instituto Francés del Petróleo logran grandes rendimientos de la materia prima y del catalizador en cuestión. A pesar de esto, la pureza final del 1-buteno es insuficiente para su uso como co-monómero en la elaboración de plásticos.

Muchos de los tecnólogos centran sus esfuerzos en mejorar los rendimientos o selectividades de aquellas sustancias que no participan propiamente en la reacción, como catalizadores o solventes, pero que son indispensables para que se lleven a cabo con un mejor desempeño, siendo esta una innovación que genera importantes avances sin tener que modificar mucho el proceso o el equipo, que genera inversiones más grandes.

CONCLUSIONES



La producción de 1-buteno se ha incrementado y se espera que este comportamiento continúe en los años subsecuentes. Con el incremento de la demanda, diferentes tecnólogos se han dado a la tarea de encontrar mejores alternativas para su producción. Varios de ellos, ya con una vasta experiencia, no sólo en el campo de las olefinas, si no en el de la innovación, toman las técnicas probadas, encontrando sus debilidades y proponiendo las formas de minimizarlas e incluso eliminarlas.

Todas estas invenciones pueden ser aprovechadas, ya sea por el mismo tecnólogo, cuando son empresas productoras, o bien por el creador (por pago de regalías o venta de los derechos de la patente) o por quien aproveche las mejoras para su propio beneficio. Es por ellos que el campo de la innovación, a pesar de no ofrecer los tiempos de retorno de inversión que mucha empresas quisieran, es una inversión a largo plazo a la cual se le debe de dar la importancia que merece. Empresas como BASF o Basell Polyolefine GmbH han tenido un gran crecimiento a la par de la innovación, siendo las empresas (en nuestro estudio) que cuentan con la mayor cantidad de publicaciones de invenciones, logrando así, no sólo estar a la vanguardia respecto a la tecnología, si no que pueden generar más ingresos a través de la explotación por parte de un tercero de sus invenciones.

La mayoría de las mejoras propuestas por nuestros tecnólogos se enfocaron en el medio o los medios de reacción como área de oportunidad. Si bien no es propiamente parte de la reacción, es fundamental para que ésta se lleve a cabo y de ella depende en muchos de los casos la efectividad y logro de los productos deseados. Modificaciones como el tipo de catalizador, tipo de solvente o el tipo medio de reacción superaron como campo de mejora en el estudio. Con este tipo de innovaciones se obtenían mejoras en el rendimiento, pureza o aprovechamiento de la alimentación realmente considerables, sin varias mucho el equipo del proceso o sin que hubiera que hacer grandes cambios, lo que conlleva casi siempre a grandes costos. Sin embargo, también se nota que la adición de un equipo o sistema al proceso, a pesar de ser un cambio importante, puede dar ahorros igual de significantes. Siendo una corriente compleja de tratar la adición de equipo que mejore sus características, no sólo ayuda a obtener el producto final esperado si no

en el camino nos puede ahorrar grandes consumos de químicos, servicios (agua, vapor) ó energía (combustibles, energía eléctrica).

A lo largo de este trabajo de investigación hemos visto, de igual forma que antes de elegir la tecnología apropiada, es importante evaluar cada uno de los elementos que se consideran prioritarios dentro del proceso. Esto es importante ya que la definición de cada uno de ellos nos puede llevar a tomar una buena o mala decisión. Algunos de los procesos podrían ser de forma general procesos altamente rentables y viables, pero podrían no cumplir satisfactoriamente nuestras necesidades particulares.

La innovación en los procesos es de igual forma, una herramienta para estar a la vanguardia e irse adaptando a la creciente demanda. Los nuevos requerimientos mundiales exigen a empresas y tecnólogos a buscar procesos con mayores rendimientos, menores costos, mayor producción, menos desperdicios e incluso más sustentables. En resumen, se requieren procesos donde se pueda producir más y mejor con menos o lo mismo. Y en un caso ideal con cambios no muy fuertes para las empresas, en materia de inversión. Sin embargo, para esto, se debe estar comprometido con áreas como la de investigación y desarrollo, o bien, con la investigación desarrollada en universidades y otras instituciones. La inversión responsable y comprometida en el área, ya sea en el largo o corto plazo, dará los resultados que espera y pide a diario la sociedad.

BIBLIOGRAFÍA



6 Bibliografía

ABB Lummus Global, "Maximize butane-1 yields, a new reactor system capitalizes on shifting butane-2 to butene-1 from C₄ fractions", *Hydrocarbon Processing*, 4, 2006, 57-61.

ABB Lummus Global Inc., "Processing C₄ olefin streams for the maximum production of propylene", 7,214,841 United States Patents, May 8 2007.

Aguer, Mario; Pérez, Eduardo; Martínez, Joan, *Administración y Dirección de Empresas: Teoría y ejercicios*, Editorial Universitaria Ramón Areces, Madrid, 2004.

Andrade, Simón, *Diccionario de Economía*, 215, 3a ed., Andrade.

Arora, Ashish; Fosfuri, Andrea; Gambardella, Alfonso. *Los mercados de tecnologías en la economía del conocimiento*. Organización de Estados Americanos, Madrid, 2001.

BASF Aktiengesellschaft, "Continuous method for separating a C₄ cut", 7,462,277 United States Patents, Dec 9 2008.

BASF Aktiengesellschaft, "*Method for producing 1-butene*", 7,485,761 *United States Patents*, Feb 3 2009.

BASF Aktiengesellschaft, "Method for the production of butadiene and 1-butene", 7,488,857 United States Patents, Feb 10 2009.

BASF Aktiengesellschaft, "*Preparation of C₅-/C₆-olefins*", 6,538,168 *United States Patents*, Mar 25 2003.

BASF Aktiengesellschaft, "Preparation of propene and, if desired, 1-butene", 6,887,434 United States Patents, May 3 2005.

BASF Aktiengesellschaft, "*Process for preparing 1-butene*", 7,518,024 *United States Patents*, Apr 14 2009.

Basell Polyolefine GMBH, "1-butene copolymers and process for preparing them", 7,534,848 United States Patents, May 19 2009.

Basell Polyolefine GMBH, "1-butene polymer and process for the preparation thereof", 7,534,841 United States Patents, May 19 2009.

Basell Polyolefine GMBH, "*Butene-1 homopolymer*", 7,476,717 *United States Patents*, Jan 13 2009.

Basell Polyolefine GMBH, "*Isotactic 1-butene copolymers*", 7,538,174 *United States Patents*, May 26 2009.

Basell Polyolefine GMBH, "Process for polymerizing 1-butene", 7,390,862 United States Patents, Jun 24 2008.

Basell Polyolefine GMBH, "Process for polymerizing 1-butene", 7,579,423 United States Patents, Aug 25 2009.

Basell Polyolefine GMBH, "Process for polymerizing 1-butene and 1-butene polymers", 7,166,683 United States Patents, Jan 23 2007.

Basell Polyolefine GMBH, "Process for preparing 1-butene polymers", 7,589,160 United States Patents, Sep 15 2009.

Basell Polyolefine GMBH, "Process for the polymerization of 1-butene", 7,074,864 United States Patents, Jul 11 2006.

Basell Polyolefine GMBH, "Process for the polymerization of 1-butene", 7,459,511 United States Patents, Dec 2 2008.

Bloch, Heinz P., *Compressors and Modern Process Applications*, John Wiley and Sons, 2010.

Bressa, S.P.; Martínez, O.M.; Ardica, N.O., "Analysis of Operating variables in the catalytic purification of butane-1 in a trickle-bed", *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 6, no.2.

Bressa, S.P.; Martínez, O.M.; Barreto, G.F., "Estudio cinético de la hidrogenación e hidroisomerización de 1-buteno", *Información tecnológica*, 9 (1998), 87-93.

Cáseres, Esteban. Reporte: La Materia Prima, Madrid, 2009.

Catalytic Distillation Technologies, "Process for the utilization of refinery C4 streams", 6,919,016 United States Patents, Jul 19 2005.

Centro de Predicción económica. Mercado de Tecnología. Estrategias y Características. Facultad CC.EE. y EE., UAM, Madrid 2010.

Chevron Research and Technology, "Process for making 1-hexene from 1-butene", 5,057,638 United States Patents, Oct 15 1991.

Ciceri Silvense, Hugo N., Análisis, productos y tecnologías petroquímicas, Maestría en Administración de tecnología (proyectos externos). 2002.

Ciceri Silvense, Hugo Norberto, Manual para elaboración del proyecto de tesis, caso práctico y otras opciones de graduación, 2a ed., Facultad de Química, U.N.A.M., México, 2007.

Coker, A. Kayode, *Ludwig's Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants*, 4a ed., Vol. 2, Elsevier, 2010.

Colli, Juan A., Metodología para la selección de procesos, Tesis UNAM, México, 2006.

Convenio en París para la Protección de la Propiedad Industrial del 20 de Marzo de 1883, Art. 2.

Couper, James R., *Chemical Process Equipment- Selection and Design*, 3a ed., Elsevier, 2010.

Cuevas, Rogelio, Principios químicos en el diseño de reactores, México, 2008.

Cussler, E. L., *Chemical Product Design*, 2a ed., Cambridge University Press, 2011.

Daintith, John, *Dictionary of Science*, 6a ed., Oxford University Press, 2010

Daus, Donald, "What can be patented?" *Chemical Engineering*, (1982), august 23, 74.

Diario Oficial de la Federación, Código Fiscal de la Federación, Art 15-B, 2011.

Emir Olivares, et al., "Ínfimo Registro de patentes ante el desinterés de la IP en ciencia", *La Jornada*, México, 22 de junio de 2011,

Enichem S.P.A; Snamprogetti S.P.A, "Integrated process for the simultaneous production of alkyltert-butyl ethers and 1-butene", 5,563,299 *United States Patents*, Oct 8 1996.

Equistar Chemicals, LP, "*1-butene production*", 6,884,917 *United States Patents*, Apr 26 2005.

Exxon Mobil Research and Engineering Company, "*Separation of 1-butene from C4 feed streams*", 7,148,392 *United States Patents*, Dec 12 2006.

Fischer, Laura; Espejo, Jorge, *Mercadotecnia*, 240, Tercera Edición, Mc Graw Hill.

García, Oscar; Mendoza, Remedios; Muñoz, Omar, "La metátesis y el Premio Nobel de Química" *La ciencia y el Hombre*, 14 (2006), núm. 1.

Gemady, Petrovich Belov; Taimuraz, Savelievich; ct. al, "*method of producing butane-1*" 3,879,485, *United States Patents*, Apr. 22 1975.

Guzmán López Clara, Edición y derecho de autor en las publicaciones de la UNAM, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 2007.

Institut Français du Pétrole, "Catalytic composition and process for oligomerising ethylene in particular to 1-butene and/or 1-hexene", 6, 031,145 *United States Patents*, Feb 29 2000.

Institut Français du Pétrole, "Process for synthesizing 1-butene by dimerization of ethylene", 4, 532,370 United States Patents, Jul 30 1985.

Institut Français du Pétrole, "Process for the joint production of highly pure 1-butene and premium gasoline from a C4 olefin cut", 4, 423,264 United States Patent, Dic. 27 1983.

Institut Français du Pétrole, "Process for the separation of alpha-olefins by distillation of an effluent comprising ethylene and 1-butene", 5, 853,551 United States Patents, Dec 29 1998.

Institut Khimicheskoi Fiziki an SSSR, "*Method of preparing 1-butene and/or hexenes*", 5,037,997 *United States Patents*, Aug 6 1991.

Jiménez, Guillermo J., *Derecho Mercantil I*, 13a ed., Ariel, Barcelona, 2009.

Kotler, Philip, *Dirección de Marketing*, 10, Prentice Hall, 2001, México.

Kirster, Henry Z., *Distillation Design*, McGraw Hill, 1992.

Lyondell Petrochemical Company, "Olefin Conversion Process", 5,120,894 United States Patent, Jun. 9 1992

Mankiw, Gregory, *Principios de Economía*, 42, 3a ed., Mc Graw Hill.

Maples, Robert E., *Petroleum Refinery Process Economics*, 2nd ed.,PennWel, 2000.

Meyers, Robert A., *Handbook of Petroleum Refining Processes*, 3a., McGraw-Hill, 2004.

McMurry, John, *Química Orgánica*, 5a. ed., Thomson International, 2000.

M.W. Roberts, *Birth of the catalytic concept (1800-1900)*. 2000.

Nippon Zeon CO. LTD, "Process for separating highly pure butene-1 and butene-2", 4,515,661 United States Patent, May 7 1985.

Ochoa, Fernando, *Método de los sistemas*, Reporte D-38, División de estudios de posgrado, Facultad de Ingeniería, U.N.A.M., México, 1982.

P. G. Salau, Nina. "Dynamic Behavior and Control in an Industrial Fluidized-Bed Polymerization Reactor". *Industrial Engineering Chemistry Research*, 2008, núm. 16, 6058-6069.

Perry, Robert H., *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, 7^a ed.,Mc-Graw Hill, 1997.

Peterson, J. "Minimize facility flaring, flares are safety devices that prevent the release of unburned gases to atmosphere". *Hydrocarbon Processing*, 2007, núm 6, 111-115.

Pujado, P.R. "LPG-a direct source of C₃-C₅ olefins". *Oil gas journal*, 1983, 71-74.

Richardson, J.F., *Coulson and Richardson's Chemical Engineering- Particle Technology and Separation Processes*, vol. 2, 5a ed., Elsevier, 2002.

Robert L. Landis and James E. Hamilton, "Technique evaluates engineering alternatives", *Chemical Engineer*, (1984), Octubre.

Seymour, Raimond B., *Polymer Chemistry, An Introduction*, Editorial Reverte, Barcelona, 2002.

Sheikh, J. "1-butene dehydrogenation in rapid pressure swing reaction processes". *Chemical Engineering Science*. 2001, vol. 56, no. 4, 1511-1516.

Sitio web de Basell Polyolefine GmbH <http://www.lyondellbasell.com/LandingPages/Basell>, consultado el 2 de octubre del 2010.

Sitio web de BASF Aktiengesellschaft. <http://www.basf.com.mx/Mexico/home>, consultado el 2 de octubre del 2010.

Sitio web de CNN Expansión, <http://www.cnnexpansion.com/mi-carrera/2011/12/30/universidades-publicas-las-mas-cientificas>, consultado el 03 junio, 2012.

Sitio web de Equistar Chemicals L.P., <http://www.lyondellbasell.com/LandingPages/equistar/>, consultado el 2 de octubre del 2010.

Sitio web de la American Marketing Association, Sección: Dictionary of Marketing Terms, URL: <http://www.marketingpower.com/mg-dictionary.php>, consultado el 18 de septiembre, 2010.

Sitio web de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual <http://www.wipo.int/about-wipo.html>, consultado el 23 septiembre, 2010.

Sitio web de Nippon Zeon Co. Ltd., http://www.zeon.co.jp/welcome_e/profile/history.html, consultado el 2 de octubre del 2010.

Sitio web del Instituto Francés del Petróleo <http://www.ifpenergiesnouvelles.com/>, consultado el 2 de octubre del 2010.

Speight, James G., *Chemical Process and Design Handbook* (2011)

Trens Flores, Ernesto. Patente de los resultados de investigación biomédica. *Revista de la Facultad de Medicina*, no. 003, mayo 2006.

Universal Oil Products, "Butenes Isomerization, Separation and Alkylation", 3,800,003 United States Patent, Mar 26 1974.

Walas, S. M., *Chemical Process Equipment- Selection and Design*, Elsevier, 1990.

Wallace, Fred, *Ciencia de los polímeros*, Reverté, S.A., Barcelona, España 2008.

Weissermel, K. *Química Orgánica Industrial*. Editorial Reverté, S.A., Barcelona, 1981.

Wiley, John. *Wiley Critical Content - Petroleum Technology*, Vol. 1-2, 2007.

Xingan, Wu. "Comparison of the Technology of Oxidative Dehydrogenation in a Fluidized-Bed Reactor with Those of Other Reactors for Butadiene". *Industrial Engineering Chemistry Research*, 1996, núm 8, 2570-2575.

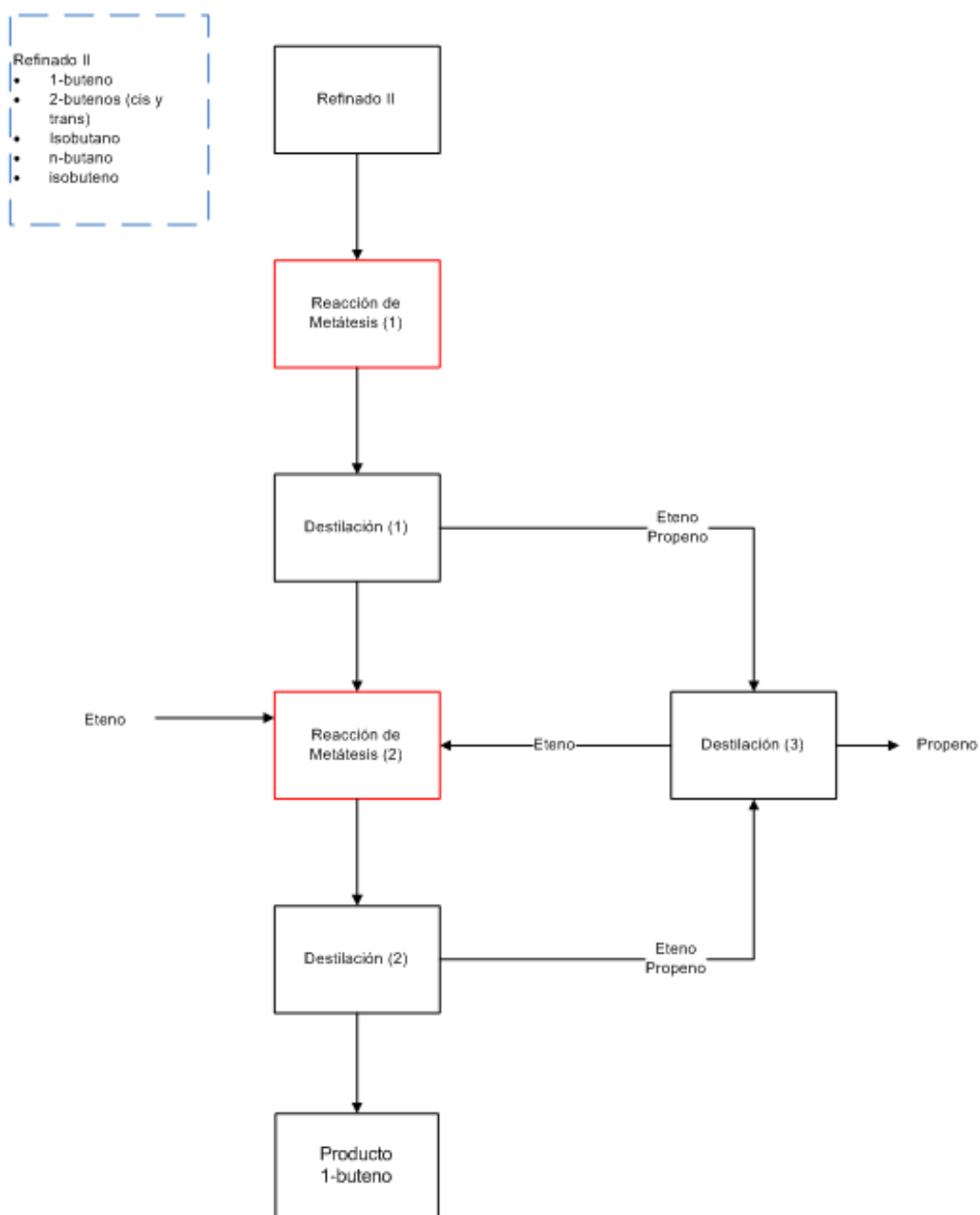
Zoebelen, Hans, *Dictionary of Renewable Resources*, 2nd ed., John Wiley and Sons, 2001.

ANEXOS



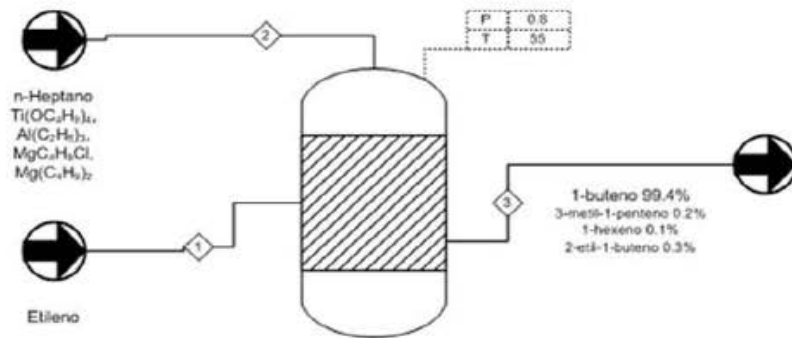
7 Anexos

Diagrama de bloques proceso propeno Basf Aktiengesellschaft

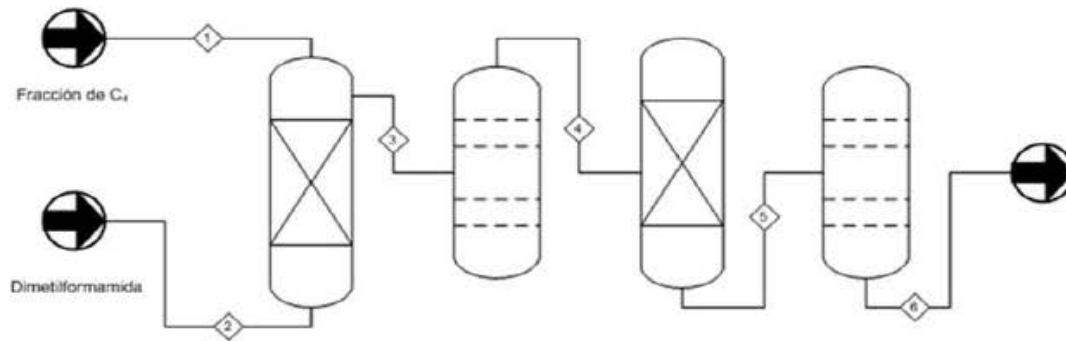


Fuente: Elab. Prop. a partir de: BASF AKTIENGESELLSCHAFT, "Preparation of propene and, if desired, 1-butene", 6,887,434 United States Patents, May 3 2005.

A) Dimerización



B) Destilación Extractiva



Compuesto	% en peso		
	1	2	3
iso-Butano	5.80	0.00	0.00
n-Butano	21.60	1.40	0.17
1-Buteno	37.40	50.82	99.17
iso-Buteno	0.10	0.14	0.21
trans-2-Buteno	19.70	26.80	0.35
cis-2-Buteno	13.20	17.90	0.10
1,3-Butadieno	1.50	2.00	85 (ppm)
Metilacetileno	0.60	0.80	2 (ppm)
Etilacetileno	0.10	0.14	1 (ppm)

No.	REFERENCIAS	REVISIÓN	REALIZADA POR	FECHA
		0	OCDC	16/Junio/12

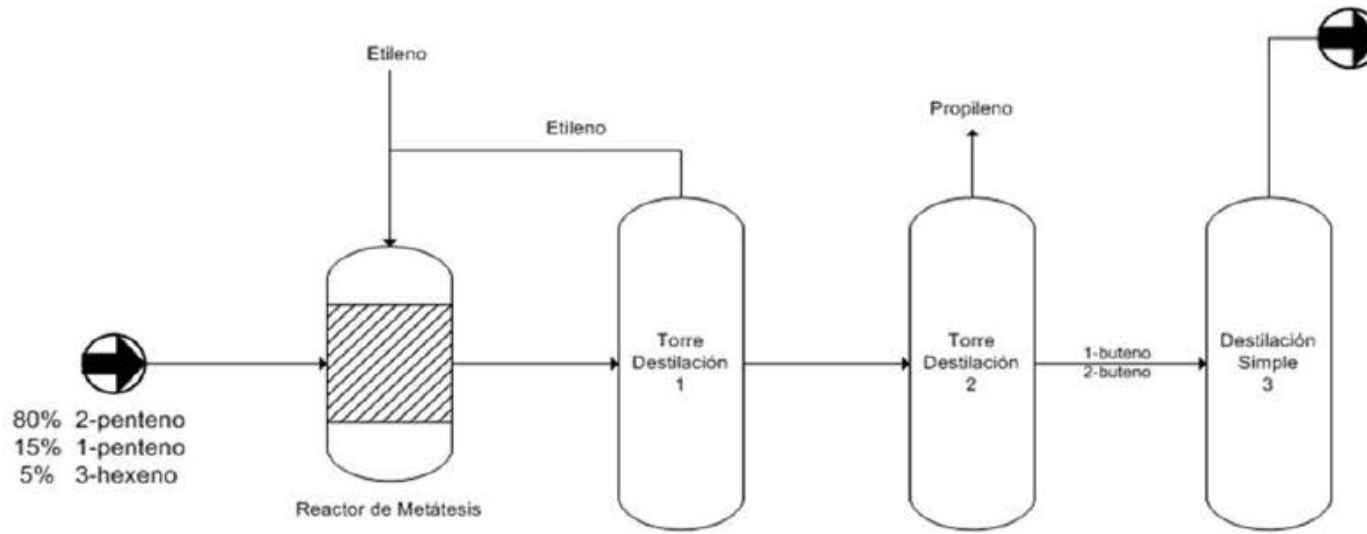


DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO Producción 1-buteno

LOCALIZACIÓN	ELABORADO	ESCALA	IMAGENES No.	REVISIÓN
	JUN 2012	SIN ESCALA	UNAM/FQ-2010/DFP-101	0



C) Metátesis



No.	REFERENCIAS	REVISIÓN	REALIZADA POR	FECHA
		0	OCDC	18/Junio/12



LOCALIZACIÓN	ELABORADO	ESCALA	DIAGRAMA No.	REVISOR
	JUN 2012	SIN ESCALA	UNAM/FQ-2010/DFP-101	0



ABREVIATURAS



8 Abreviaturas

ETBE	Ethyl tert-butyl ether
FCCU	Fluid Catalytic Cracking Unit
HDPE	Polietileno de Alta Densidad (<i>High Density Polyethylene</i>)
I+D+i	Investigación, desarrollo e innovación
IFP	Instituto Francés del Petróleo
IMPI	Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial
IUPAC	Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (<i>International Union of Pure and Applied Chemistry</i>)
LLDPE	Polietileno de Alta Densidad (<i>High Density Polyethylene</i>)
L.P.	Licuado de Petróleo
MTBE	Metil tert-butil éter
OMPI	Organización Mundial de Propiedad Industrial
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (<i>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</i>)
USA	Estados Unidos de América (<i>United States of America</i>)