

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICO PARA LA
PRODUCCIÓN DE ÁCIDOS GRASOS A PARTIR DEL ACEITE DE PALMA**

AUGUSTO JOSÉ PAZ HERNÁNDEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA**

2008

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICO PARA LA
PRODUCCIÓN DE ÁCIDOS GRASOS A PARTIR DEL ACEITE DE PALMA**

AUGUSTO JOSÉ PAZ HERNÁNDEZ

Trabajo de grado para optar el título de
Ingeniero Químico

Director

MARIO ÁLVAREZ CIFUENTES
Ingeniero Químico M.Sc., Ph. D.

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA**

2008

A DIOS fuente inagotable de amor y esperanza
A mis padres y hermano por su gran amor y continuo apoyo
para lograr uno de los objetivos más grandes de mi vida
A Isabel, por su amor y apoyo incondicional

AGRADECIMIENTOS

Mi sincero agradecimiento

Al Doctor MARIO ÁLVAREZ CIFUENTES Ingeniero Químico M.Sc., Ph. D.
profesor de la Universidad Industrial de Santander y director del proyecto, por su
colaboración y constante apoyo en cada etapa

Al grupo INTERFASE por su acogida y respaldo

A todas las personas que directa o indirectamente contribuyeron en el desarrollo de
este proyecto

RESUMEN

TITULO

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICO-ECÓNOMICO PARA LA PRODUCCIÓN DE ÁCIDOS GRASOS A PARTIR DEL ACEITE DE PALMA*

AUTOR

AUGUSTO JOSÉ PAZ HERNÁNDEZ**

PALABRAS CLAVES

Ácidos Grasos, Hidrolisis, Aceite de Palma, Prefactibilidad

DESCRIPCIÓN

El objetivo del presente trabajo es hacer una evaluación técnica y económica para la producción de ácidos grasos en Colombia empleando el aceite de palma como materia prima, incentivando dicho mercado a nivel oleoquímico en el país y dándole un valor agregado a los subproductos de esta.

El estudio comprende cuatro capítulos y hace el análisis de la oferta, la demanda y el consumo de ácidos grasos en el panorama mundial, nacional y de la Comunidad Andina de Naciones; se analiza el comportamiento de los precios del producto y de la materia prima. Posteriormente se define la localización de la planta en el territorio nacional, se analiza y se selecciona la tecnología mas adecuada para el proceso y se realiza el diseño básico de planta caracterizando los equipos principales, definiendo los consumos de materia prima e insumos. Finalmente se realiza una evaluación económica y financiera para definir la factibilidad del proyecto.

Se determino que es necesaria una capacidad de 30.000 Ton/año para cubrir la demanda en Colombia y la Comunidad Andina de Naciones, estableciendo la planta en la ciudad de Barrancabermeja y utilizando la ruta tecnológica de hidrolisis continua en contracorriente para el proceso de producción. La evaluación economía arrojó resultados favorables en tasas de rentabilidad y se estableció que el proyecto es rentable económicamente.

* Trabajo de Grado

**Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Director, Ph. D. Mario Álvarez Cifuentes.

ABSTRAC

TITLE

TECHNICAL-ECONOMIC PREFEASIBILITY STUDY FOR FATTY ACID PRODUCTION FROM PALM OIL*

AUTHOR

AUGUSTO JOSÉ PAZ HERNÁNDEZ**

KEY WORDS

Fatty Acid, Hydrolysis, Palm Oil, Prefeasibility

DESCRIPTION

The aim of this paper is to make a technical and economic evaluation for the production of fatty acids in Colombia using palm oil as raw material, stimulating the market at Oleochemical in the country and giving added value to the products of this.

The study comprises four chapters and does the analysis of supply, demand and consumption of fatty acids in the global, national and the Andean Community of Nations analyzes the behavior of product prices and raw material. Subsequently defined the location of the plant in the country, he examines and selects the most appropriate technology for the process and is the basic design of major equipment plant characterized by defining the consumption of raw materials and inputs. Finally there is an economic and financial evaluation to determine the feasibility of the project.

It was determined that we need a capacity of 30,000 tones / year to meet demand in Colombia and the Andean Community of Nations, setting the plant in the city of Barrancabermeja and using the map of hydrolysis continuous counter-current to the production process. The economy shows a favorable performance evaluation in rates of return and it was established that the project is economically viable.

* Project Degree

**Physicochemical Engineering's Faculty. Chemical Engineering School. Director, Ph. D. Mario Álvarez Cifuentes.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	1
1 GENERALIDADES	3
1.1 ÁCIDOS GRASOS	5
1.2 APLICACIONES Y USOS	5
2. ESTUDIO EXPLORATORIO DE MERCADOS	7
2.1 ANÁLISIS DE LA OFERTA Y LA DEMANDA	7
2.1.1 Mercado mundial	7
2.1.2 Mercado de la Comunidad Andina de Naciones	8
2.1.3 Mercado Nacional	9
2.2 ANÁLISIS DE PRECIOS	10
2.3 DISPONIBILIDAD DE MATERIA PRIMA	11
2.3.1 Precios	12
3. DISEÑO CONCEPTUAL DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN	13
3.1 CAPACIDAD DE LA PLANTA	13
3.2 ANÁLISIS DE FACTORES PARA LA LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA	13
3.3 SELECCIÓN DE LA TECNOLOGIA PARA LA OBTENCIÓN DE ÁCIDOS GRASOS	14
3.4 DESCRIPCION DETALLADA DEL PROCESO	15
3.5 DIAGRAMA DEL PROCESO	17

3.6	BALANCES DE MATERIA Y ENERGIA	21
3.7	DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS	21
4.	EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA	22
4.1	EVALUACIÓN ECONÓMICA	22
4.1.1	Estimación del capital de inversión fijo	22
4.1.2	Costos de Producción	22
4.1.3	Capital de trabajo	23
4.2	EVALUACIÓN FINANCIERA	23
4.2.1	Resultado Evaluación Financiera	24
4.2.2	Análisis de sensibilidad	24
	CONCLUSIONES	25
	RECOMENDACIONES	26
	BIBLIOGRAFIA	27
	ANEXOS	31

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estructura molecular de los triglicéridos	3
Figura 2. Principales mercados de los ácidos grasos	6
Figura 3. Oferta y demanda mundial de ácidos grasos	7
Figura 4. Exportaciones e importaciones de ácidos grasos en Colombia	9
Figura 5. Precios de ácidos grasos según tipo	11
Figura 6. Precios nacionales e internacionales del aceite de palma	12
Figura 7. Reacción de hidrolisis de triglicéridos	15
Figura 8. Diagrama de bloques del proceso de producción de ácidos grasos a partir del aceite de palma	17
Figura 9. Diagrama usado en la simulación de HYSYS de la planta de ácidos grasos a partir del aceite de palma	18

LISTADO DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Composición relativa de algunas grasas y aceites	4
Tabla 2. Características más importantes de los ácidos grasos	6

LISTADO DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Producción Mundial de Ácidos Grasos	32
ANEXO B. Importaciones, Exportaciones y Balanza comercial de los Ácidos Grasos en la Comunidad Andina de Naciones	33
ANEXO C. Importaciones, Exportaciones de los Ácidos Grasos en Colombia y sus principales destinos	35
ANEXO D. Demanda y Oferta de Aceite de Palma en Colombia	38
ANEXO E. Principales proveedores Nacionales e Internacionales de Aceite de Palma	41
ANEXO F. Distribución de la Producción de Aceite de Palma crudo por regiones	42
ANEXO G. Análisis Factores relevantes para la Localización	43
ANEXO H. Métodos de Obtención Industrial de Ácidos grasos por Hidrolisis	45
ANEXO I. Balances de Materia y Energía	48
ANEXO J. Dimensionamiento de los Equipos principales	52
ANEXO K. Costo de los Equipos principales	54
ANEXO L. Detalles de la Inversión Directa e Indirecta	55
ANEXO M. Detalles Costos de Producción	56
ANEXO N. Flujo Neto de Caja	59
ANEXO O. Flujograma de Fondos	60
ANEXO P. Análisis de Sensibilidad	61

ANEXO Q. Impacto Ambiental	65
ANEXO R. Distribución de la Planta	66

INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas más importantes que enfrenta la humanidad, derivado del modelo tecnológico adoptado, es la dependencia del petróleo como fuente de energía. Al carácter agotable de este recurso se suma el fuerte deterioro ambiental que esta provocando su uso. Debido a esto, se viene observando importantes cambios en las relaciones políticas y económicas en el mundo, y la aparición de sostenidos y generalizados esfuerzos en la búsqueda de soluciones a los problemas asociados a esta situación.

Es por eso que hoy en día existe la necesidad de investigar e invertir en tecnologías que aprovechen las fuentes renovables, acudiendo a cultivos de plantas oleaginosas como el Maní, Soya y la Palma Africana.

La oleoquímica se convierte entonces en uno de los principales campos de investigación, basándose en todas las transformaciones de los aceites vegetales para la producción de sustancias como ácidos grasos, ésteres, alcoholes grasos, sales grasas, aminas grasas etc., las cuales se emplean en la elaboración de bienes finales como jabones, champúes, detergentes, cosméticos, entre otros.

A nivel mundial la oleoquímica es un área de gran potencial ya que en la actualidad se producen cerca de 6,3 millones de toneladas de oleoquímicos básicos, cuya producción ha venido creciendo al 4,1% anual en los últimos 10 años, acorde con el incremento sostenido de la demanda de dichos productos. Entre estos productos encontramos a los ácidos grasos, que poseen un gran valor agregado ya que se caracterizan por ser moléculas reactivas que pueden ser modificadas fácilmente a fin de obtener derivados que tengan suficientes usos industriales, sean fácilmente biodegradables y no planteen una amenaza para el medio ambiente.

Así mismo para tales fines el aceite de palma es uno de los aceites con mejores propiedades para usos en oleoquímica y se convierte en una gran fuente de materia prima para una industrialización basada en cadenas de valor agregado, que para Colombia en estos momentos significa uno de los sectores económicos con mayor potencial de desarrollo con generación de empleo.

Para tal propósito se plantea desarrollar un estudio de prefactibilidad Técnico-Económico para la producción de Ácidos Grasos a partir de Aceite de Palma buscando la diversificación del portafolio de productos del aceite de Palma en Colombia permitiendo darle un valor agregado a éste, a través de la producción de oleoquímicos que intensifiquen la industria en el país y permitan aumentar la competitividad en el mercado internacional; ya que en la actualidad la mayoría de ácidos grasos con fines industriales son importados.

palma de aceite y soya. La de grasas animales por su parte la componen manteca de cerdo, sebo, mantequilla y aceite de pescado.

Tabla 1. Composición relativa de algunas grasas y aceites (%)

Ácido graso	Formula química	Aceite de palma	Aceite de palmiste	Aceite de coco	Sebo	Aceite de soya*
C ₁₂ – Láurico	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	0,2	48,3	48,2	-	-
C ₁₄ – Mirístico	C ₁₄ H ₂₈ O ₂	1,1	15,6	18	2,5	-
C ₁₆ – Palmítico	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	44,4	7,8	8,5	26,6	6,5
C ₁₈ – Esteárico	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	4,5	2	2,3	21,8	4,2
C _{18:1} – Oléico	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	39,2	15,1	5,7	42,8	28
C _{18:2} – Linoleico	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	10,1	2,7	2,1	2,3	52,6
Otros		0,5	0	0,1	4	8

Fuente: **GARCÉS, ISABEL Y CUELLAR, MÓNICA.** 1999. "Productos derivados de la industria de palma de aceite". Memorias primer curso internacional de palma y aceite. Cenipalma. Ed. Kimpres, Santa fe de Bogotá. Página 357. * <http://mpopc.org.my/abtenfu1.htm>

En Colombia, la industria de grasas y aceites se estructura principalmente alrededor del fruto de palma, los aceites crudos de palma, palmiste, soya y girasol; en especial el aceite de palma que tiene un mayor rendimiento por hectárea dentro de los cultivos de semillas oleaginosas.

Así mismo, los aceites obtenidos a partir de los frutos de la palma se consideran en la actualidad, como dos de las materias primas por excelencia más importantes en la industria oleoquímica mundial.

En un primer nivel de transformación industrial del aceite de palma se obtienen los denominados oleoquímicos básicos, de los cuales se derivan otros productos considerados oleoquímicos intermedios.

Existen cuatro clases de oleoquímicos básicos: los ácidos grasos, los esteres metílicos, los alcoholes grasos y las aminas grasas. Los procesos de transformación del aceite de palma a productos oleoquímicos básicos son relativamente sencillos; es por eso que se debe aprovechar materias primas

disponibles como esta para la producción de oleoquímicos que conviertan en una oportunidad de desarrollo nacional la comercialización de productos derivados del aceite de palma.

1.1 ACIDOS GRASOS

Los ácidos grasos son ácidos orgánicos (ácidos carboxílicos) con una cadena alifática de más de 12 carbonos. Su forma general es (R – COOH) donde el radical R es una cadena alquílica larga. Estos difieren entre sí por su longitud, número y posición de enlaces doble entre carbonos consecutivos (C=C). Esto permite clasificarlos en saturados e insaturados.

Pueden ser obtenidos a través de diferentes procedimientos, según la materia prima de la cual se parte y la pureza deseada del producto. En todos los casos es necesaria una hidrólisis de las grasas o aceites, seguido de un tratamiento para su purificación.

Entre las materias primas más importantes para la obtención de ácidos grasos se destacan los aceites de palma y palmiste así como los esteres metílicos.

Su distribución en los aceites vegetales determina la potencialidad de ese aceite para determinados usos oleoquímicos. Esto, porque buena parte de esa potencialidad viene determinada por la longitud de la cadena de carbonos de los ácidos grasos y la reactividad de los dobles enlaces, si los hay. En la tabla 2 se observa algunas de las características, más importantes de los ácidos grasos.

1.2 APLICACIONES Y USOS

Los ácidos grasos producidos a partir de grasas y aceites vegetales tienen amplios usos en la industria en forma directa y como intermediarios para producir bienes finales.

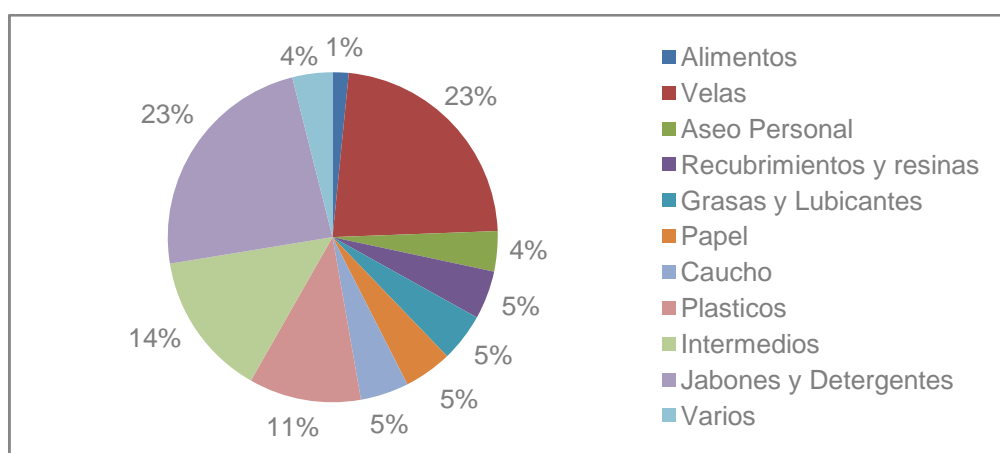
Tabla 2. Características más importantes de los ácidos grasos.

Acido Graso	Formula Química	Peso Molecular	N° de Saponif.	Punto de Fusión (°C)	Punto de Ebullición (°C) (2 mm)	N° de Nodo
Láurico	$C_{12}H_{24}O_2$	200.3	280	44.0	141.9	-
Mirístico	$C_{14}H_{28}O_2$	228.3	245	54.4	161.0	-
Palmítico	$C_{16}H_{32}O_2$	256.2	218	62.8	179.0	-
Esteárico	$C_{18}H_{36}O_2$	284.4	197	69.6	196.0	-
Oleico	$C_{18}H_{34}O_2$	282.2	198	13.0	255.0	89.97
Linoleico	$C_{18}H_{32}O_2$	280.4	200	-5.0	202.0	181.04

Al ser sometidos a diferentes reacciones dan lugar a una amplia gama de productos como ácidos grasos saturados, ácidos grasos etoxilados, ésteres de sorbitol, dímeros, compuestos grasos nitrogenados y aminas derivadas de alcanolaminas, los cuales son importantes materia prima para la consecución de productos como emulsificante, plásticos, productos textiles, fármacos, etc.

En la figura 2 se resumen los principales mercados de aplicación de los ácidos grasos y de sus derivados.

Figura 2. Principales Mercados de los Ácidos Grasos *



* Cadena productiva de la palma de aceite en la zona central, Instituto Colombiano del Petróleo ECOPEL ICP- Grupo de transferencia Tecnológica INTERFASE. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Química, Bucaramanga, Junio del 2002.

2. ESTUDIO EXPLORATORIO DE MERCADOS

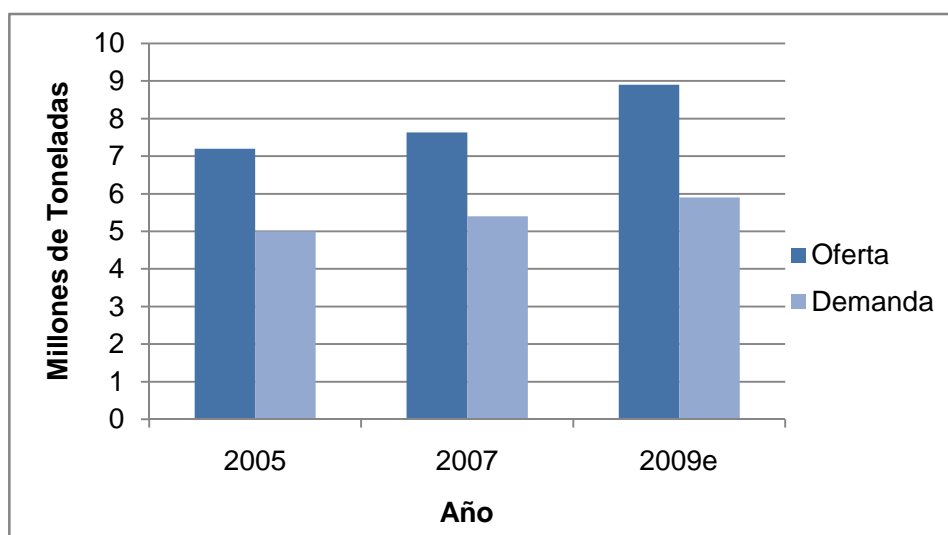
2.1 ANALISIS DE LA OFERTA Y LA DEMANDA

2.1.1 Mercado mundial

Demanda

La demanda mundial de ácidos grasos paso de 5 millones de toneladas en 2005 a 5.4 millones de toneladas en 2007 y se prevé que para el 2009 sea de 5.9 millones de toneladas con un crecimiento anual aproximado del 9.3 % donde mas del 50 % corresponde a la región Asiática (ver Figura 3).

Figura 3. Oferta y Demanda Mundial de Ácidos Grasos



Fuente: S.C. CHEAK. The growth and challenges of the Oleochemicals Industry in South East Asia. Belgium October 2007.

Se espera que la demanda de ácidos grasos siga creciendo, ya que es la base primordial de oleoquímicos intermedios que a su vez sirven de materia prima en la producción de bienes finales que demandan grandes cantidades de consumo como son los cosméticos, productos de aseo y cuidado personal entre otros, que aumentan la demanda en relación al crecimiento de la población.

Oferta

El rápido crecimiento en la producción de Aceite de Palma en la región Asiática (ASEAN) ha hecho que el desarrollo de la industria oleoquímica sea posible en algunas regiones del mundo. Sin embargo esta región encabeza la producción mundial de oleoquímicos y en especial la de ácidos grasos con un crecimiento acelerado, pasando de 3 millones de toneladas en 2003 a 4.3 millones de toneladas en 2006. Europa sigue con una producción constante de 1.5 millones de toneladas, seguido de América con 1.2 millones de toneladas.

Para 2010 se prevé que la región Asiática aporte más del 50% de la producción mundial de ácidos grasos (ver Anexo A).

2.1.2 Mercado de la Comunidad Andina de Naciones

En la región Andina excluyendo a Colombia, el mercado de consumo de ácidos grasos está limitado en su totalidad por las importaciones procedentes de Estados Unidos, Noruega, Malasia, México, Alemania y en menor proporción del Reino Unido, España, Canadá, Brasil y Argentina; debido principalmente a la escasa producción local y a los bajos costos de importación.

Es así como en el mercado de ácidos grasos del 2000 al 2004, el total de importaciones realizadas fue de 4780 toneladas, donde el 50% correspondieron al ácido esteárico con un volumen total de 2618 toneladas, seguido del ácido palmítico con 1352 toneladas que representaron el 28.3% del total.

El total de exportaciones fue de 581 toneladas, donde Ecuador y Perú fueron los únicos países de la región en exportar 3 y 578 toneladas respectivamente de ácido palmítico y esteárico.

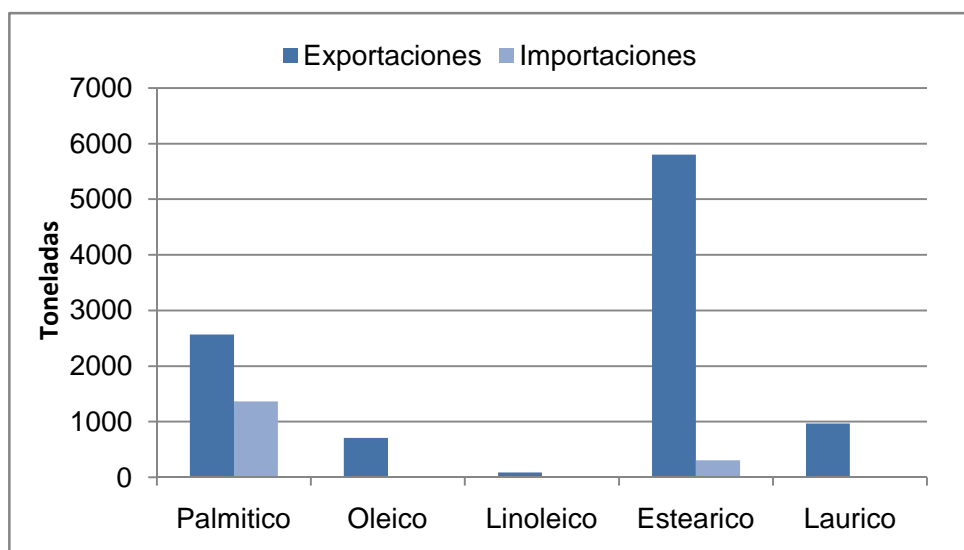
Los datos de las importaciones, exportaciones y balanza comercial de los ácidos grasos en la Comunidad Andina se reportan en el Anexo B.

2.1.3 Mercado nacional

Demanda

La industria oleoquímica en el país no se ha desarrollado acorde a las necesidades de las industrias de bienes finales que demandan productos intermedios como materias primas y muchos menos para desarrollar el negocio exportador³. Tal es el caso de los ácidos grasos, de los cuales los únicos que se producen en Colombia son el esteárico y el palmítico, pero en volúmenes muy bajos. Para los requerimientos de los otros ácidos grasos y satisfacer la demanda nacional, el país depende de las importaciones, como se observa en la figura 4.

Figura 4. Exportaciones e Importaciones de Ácidos Grasos en Colombia (2000-2004)



Fuente: Comunidad Andina de Naciones

El total de importaciones realizadas en el periodo comprendido entre 2000 y 2004 fue de 10.132 toneladas, donde 2.568 toneladas fueron de ácido palmítico, 5.802 toneladas de ácido esteárico, 968 de ácido Láurico, 710 de ácido oleico y 84 toneladas de ácido Linoleico; provenientes principalmente de los países asiáticos, Estados Unidos, Uruguay y Europa.

³ CUELLAR, Mónica. CENDALES Jairo. Mercado de Productos Oleoquímicos en Colombia. Revista Palmas Vol. 25. Especial Tomo I. 2004.

Oferta

Como se menciona anteriormente, en Colombia los únicos ácidos que se producen son el palmítico y el esteárico, pero en volúmenes muy bajos y no hay empresas dedicadas a la obtención exclusiva de estos productos, por lo cual se puede decir que la producción de ácidos grasos en Colombia es casi nula. De los que se producen y tienen posterior tratamiento, el Palmítico se exporta en un 38 % a Chile y un 32% al Perú. El esteárico se exporta en su gran mayoría a Venezuela en un 67% y al resto de la Comunidad Andina en un 13 %.

Los datos de importaciones y exportaciones de ácidos grasos en Colombia se reportan en el Anexo C.

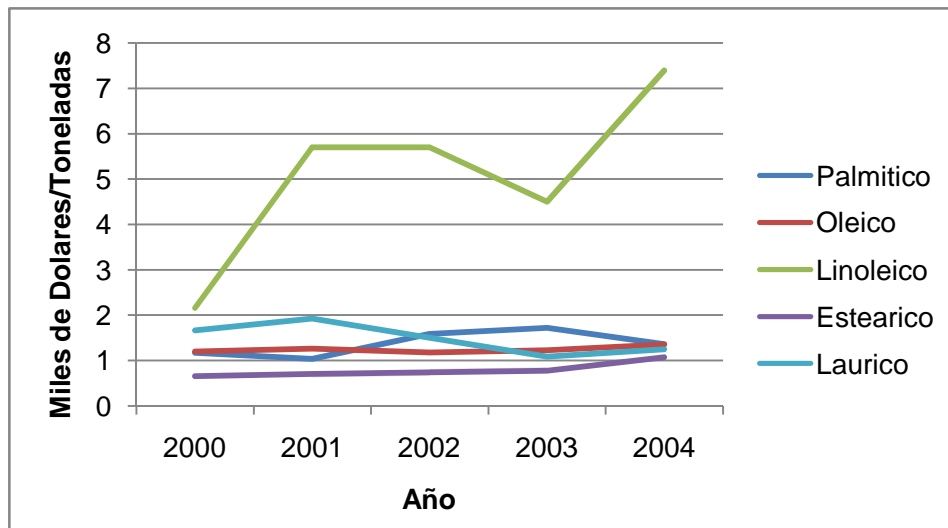
2.2 ANALISIS DE PRECIOS

Los precios de los ácidos grasos han crecido en más de un 20 a un 30 % en los últimos años debido principalmente al aumento en los costos de las materias primas que representan casi el 80 % de la producción y al el exceso de oferta en el mercado de la glicerina. Igualmente tales incrementos han aumentado la generación de ingresos en el mercado de los ácidos grasos.

El precio de los ácidos grasos varia según el tipo de tratamiento posterior que hayan recibido, los ácidos grasos destilados, fraccionados e hidrogenados tienen un valor mayor al precio de los ácidos grasos mezclados. Igualmente los precios difieren según el tipo de ácido, para el ácido palmítico los precios oscilan entre 1700 y 2400 dólares por tonelada y para el oleico entre 1200 y 1400 dólares por tonelada para el 2004. Como no se tienen datos a 2008 por la complejidad del mercado, se considera que los precios se han mantenido fluctuando en los rangos considerados.

El comportamiento de los precios durante los últimos años por tipos de ácido producido se puede observar en la figura 5.

Figura 5. Precios de Ácidos Grasos según tipo



Fuente: Cálculos del Autor en base a datos Comunidad Andina de Naciones

2.3 DISPONIBILIDAD DE MATERIA PRIMA

El aceite de palma es en la actualidad el cultivo de mayor crecimiento en Colombia, abastece la mayor parte del mercado nacional de aceites y grasas, y ha mantenido una presencia importante dentro de los rubros de exportación.

Para la producción de ácidos grasos, Colombia cuenta con suficiente materia prima para su consecución (Ver Anexo D). La oferta disponible es de 264.855 toneladas al primer semestre de 2008⁴.

En un escenario pesimista donde toda la oferta sea destinada a otros mercados, podría importarse del Ecuador; séptimo productor a nivel mundial de aceite de palma y segundo después de Colombia en América.

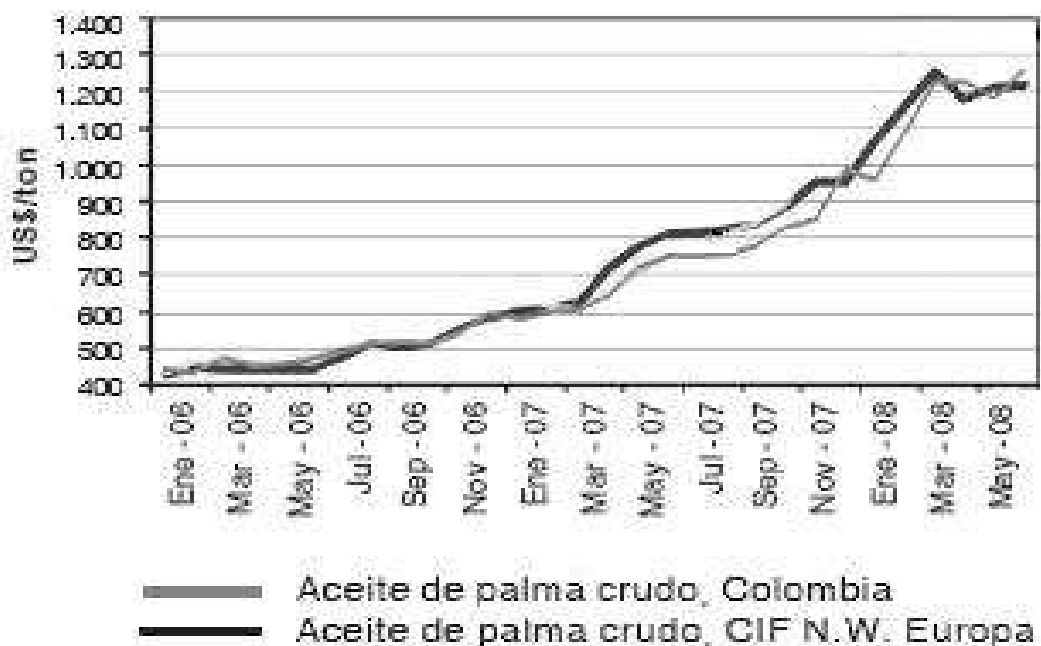
En el ANEXO E, las tablas E1 y E2 presentan un listado de los principales proveedores nacionales e Internacionales de Aceite de Palma.

⁴ Balance Económico en el sector Palmero Colombiano en el primer semestre de 2008. División de Economía y Estadísticas de Fedepalma. Agosto de 2008.

2.3.1 Precios

Los precios del Aceite de Palma se caracterizan por ser muy volátiles, entre otras cosas, debido a su característica de bienes sustitutos y a los fenómenos climáticos de las distintas regiones de los países potencia en el cultivo de la palma (ver Figura 6).

Figura 6. Precios Nacionales e Internacionales del Aceite de Palma



En la figura 6 se observa la tendencia al alza en el tiempo que se ha venido presentando desde el 2006, debido a la demanda creciente de aceite de palma por parte de las industrias, ya que por sus características de composición y por sus bajos costos de producción en comparación con otros aceites, el aceite de palma se ha convertido en una materia prima muy cotizada en la industria de aceites y grasas. Igualmente observamos que el precio del aceite de palma nacional está casi que alineado a mayo de 2008 con el precio Internacional en 1200 dólares por tonelada aproximadamente.

3. DISEÑO CONCEPTUAL DEL PROCESO DE PRODUCCION

En este capítulo se describen detalles básicos del diseño para poner en marcha el funcionamiento de una planta de producción de ácidos grasos en Colombia, encontrando argumentos para la ubicación y el tamaño de la planta, la selección de la tecnología más adecuada al ámbito nacional, igualmente la disponibilidad de los equipos que la componen y su respectivo dimensionamiento, además de otros factores relevantes dentro del proceso de producción.

3.1 CAPACIDAD DE LA PLANTA

Para determinar el tamaño de la planta se analizaron en el capítulo anterior variables como: demanda Nacional e Internacional de ácidos grasos, disponibilidad de materia prima, entre otros; arrojando como resultado que en Colombia la demanda está totalmente insatisfecha en 2026.4 Toneladas/año en promedio.

Igualmente buscando una mayor rentabilidad, el proyecto debe suplir también nuevos mercados como el de la Comunidad Andina de Naciones (excluyendo a Colombia), la cual tiene un volumen promedio de importaciones y exportaciones de 4472 Toneladas/año y 581 Toneladas/año respectivamente, con un consumo aparente promedio de 3891 Toneladas/año.

Teniendo en cuenta lo anterior y que el tamaño propuesto para la planta de ácidos grasos a partir del Aceite de Palma debería ser tal que pueda cubrir como mínimo la demanda local y el resto de la Comunidad Andina de Naciones, se propone un tamaño inicial de 30 mil Toneladas/año.

3.2 ANÁLISIS DE FACTORES PARA LA LOCALIZACION DE LA PLANTA

La principal materia prima del proceso como ya se mencionó, es el aceite de palma y las zonas de mayor producción en el 2008 (I Semestre) fueron la central (21.5%) y la norte (16.1%). Como consecuencia de lo anterior la zona

central aumento su participación en la producción nacional de 30.4% en el primer semestre de 2007 a 34.4% en igual periodo en 2008 (ver Anexo F).

La zona central esta conformada por los Departamentos de Santander, Norte de Santander y Sur del Cesar, donde 8 empresas se dedican a la extracción del aceite logrando una participación del 24.6 % a nivel nacional a 2006.

En la actualidad esta zona cuenta con más de 70.000 hectáreas sembradas en palma. Igualmente se espera que la participación siga en aumento debido a la construcción de la planta de biodiesel en la ciudad de Barrancabermeja, lo que ocasiona el incremento de plantaciones de palma para el desarrollo de la región.

En consideración a esto, la localización prevista para la planta productora de ácidos grasos es la ciudad de Barrancabermeja, ya que se encuentra en la zona de mayor producción de aceite palma y con una dinámica regional bien establecida entre los plantadores y la industria de bienes finales; además considerando que la totalidad de los ácidos grasos producidos serán comercializados a empresas del sector de cosméticos, productos de aseo y cuidado personal, la ciudad cuenta con un agregado y es que se encuentra a distancias cortas de las principales productoras del país (ver Anexo G).

Sumado a esto, la construcción de una zona franca dentro de la refinería de Ecopetrol en Barrancabermeja, le abre las puertas a la región con el comercio exterior logrando una mayor transferencia de tecnología, la atracción de nuevas inversiones; y la mejor utilización de los recursos productivos disponibles dentro de la misma.

3.3 SELECCIÓN DE LA TECNOLOGIA PARA LA OBTENCION DE ACIDOS GRASOS

Industrialmente existen dos rutas para la producción de ácidos grasos: a partir de aceites vegetales y de los ésteres metílicos. Se obtienen a través de la reacción de hidrólisis (ver Figura 7).

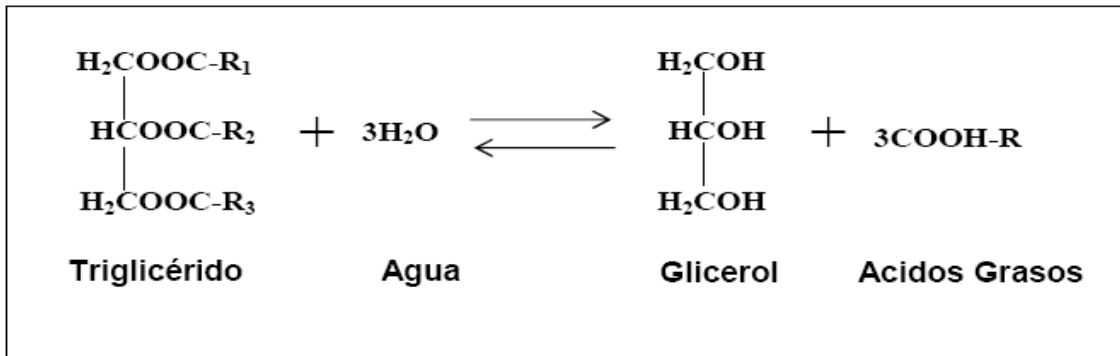


Figura 7. Reacción de Hidrólisis de Triglicéridos

El producto de la reacción es una capa acuosa que lleva en disolución la glicerina y otra aceitosa que contiene los ácidos grasos.

La dificultad de la reacción está en la inmiscibilidad del agua y el aceite a desdoblarse. Todo lo que contribuya al más íntimo contacto de los reactantes favorecerá a la reacción. Esto explica las diversas variantes o direcciones de trabajo que existen para el desdoblamiento de las grasas.

En la actualidad hay diferentes tecnologías para la producción de ácidos grasos: El proceso Twitchell, el proceso en autoclave por lotes, el proceso continuo en contracorriente y el proceso Enzimático (ver Anexo H).

La tecnología seleccionada para la producción de ácidos grasos a partir de aceite de palma fue la Hidrólisis continua en contracorriente, debido principalmente a que es el proceso que arroja mayor efectividad y no es tan demorado en comparación a los otros modelos ^[21].

3.4 DESCRIPCIÓN DETALLA DEL PROCESO

En la figura 8 se presenta el diagrama de bloques del proceso de producción de ácidos grasos a partir de Aceite de palma, en el que se aprecian las etapas que intervienen. Las etapas se describen brevemente a continuación.

Hidrólisis

El proceso Colgate- Emery contempla el descenso de agua en forma de gotas a través de una columna ascendente de aceite a una temperatura de 180°C o superior, siendo el límite superior aquel al que se deterioran los aceites (285°-300°C). La presión debe ser tal que permita que el agua se mantenga en forma líquida a las temperaturas de trabajo.

Los ácidos grasos y las aguas de glicerina se obtienen a temperatura ambiente, lo que desfavorece la emulsificación entre las aguas de glicerina y los ácidos grasos. De esta manera, virtualmente toda el agua introducida al equipo se recupera en el fondo del mismo.

Los ácidos grasos obtenidos son purificados y separados por destilación y fraccionamiento respectivamente.

Destilación de ácidos grasos

Los ácidos grasos se secan y desgasifican bajo vacío y se alimentan a la columna de destilación, la cual opera a un vacío de 1.2 kPa o menos y a una temperatura de 200°C por vapor a alta presión. El vapor arrastra las impurezas volátiles junto con las fracciones de bajo punto de ebullición, las cuales se separan en el condensador del sistema de vacío mientras que de la parte inferior de la bandeja se retiran las fracciones pesadas, usualmente de menor calidad, las cuales pueden recicladas para una segunda destilación.

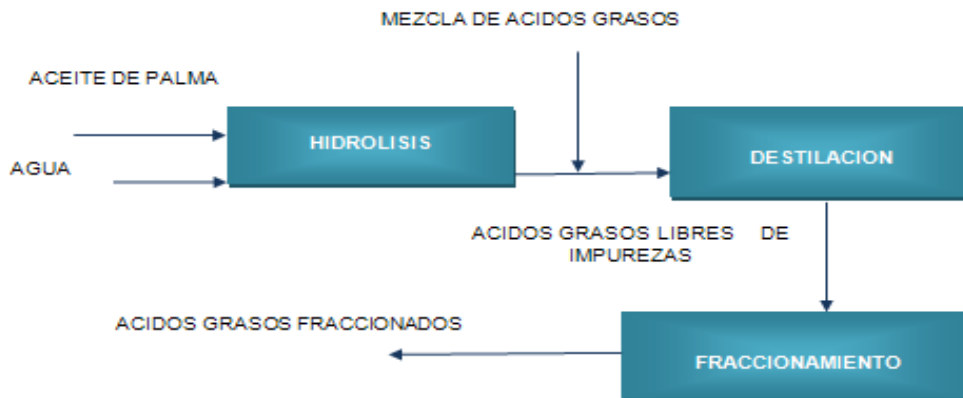
Fraccionamiento de ácidos grasos

Posteriormente estos ácidos purificados son fraccionados a fin de obtener productos con el 99% de pureza y separarlos en cortes de pequeño rango o en componentes individuales.

Las columnas de fraccionamiento deben proveer un íntimo contacto entre las fases líquida y gaseosa con la menor caída de presión posible; se utilizan

campanas, bandejas de intercambio, empacado regular, empacado estructurado entre otros.

Figura 8. Diagrama de bloques del proceso de producción de ácidos grasos a partir de Aceite de Palma



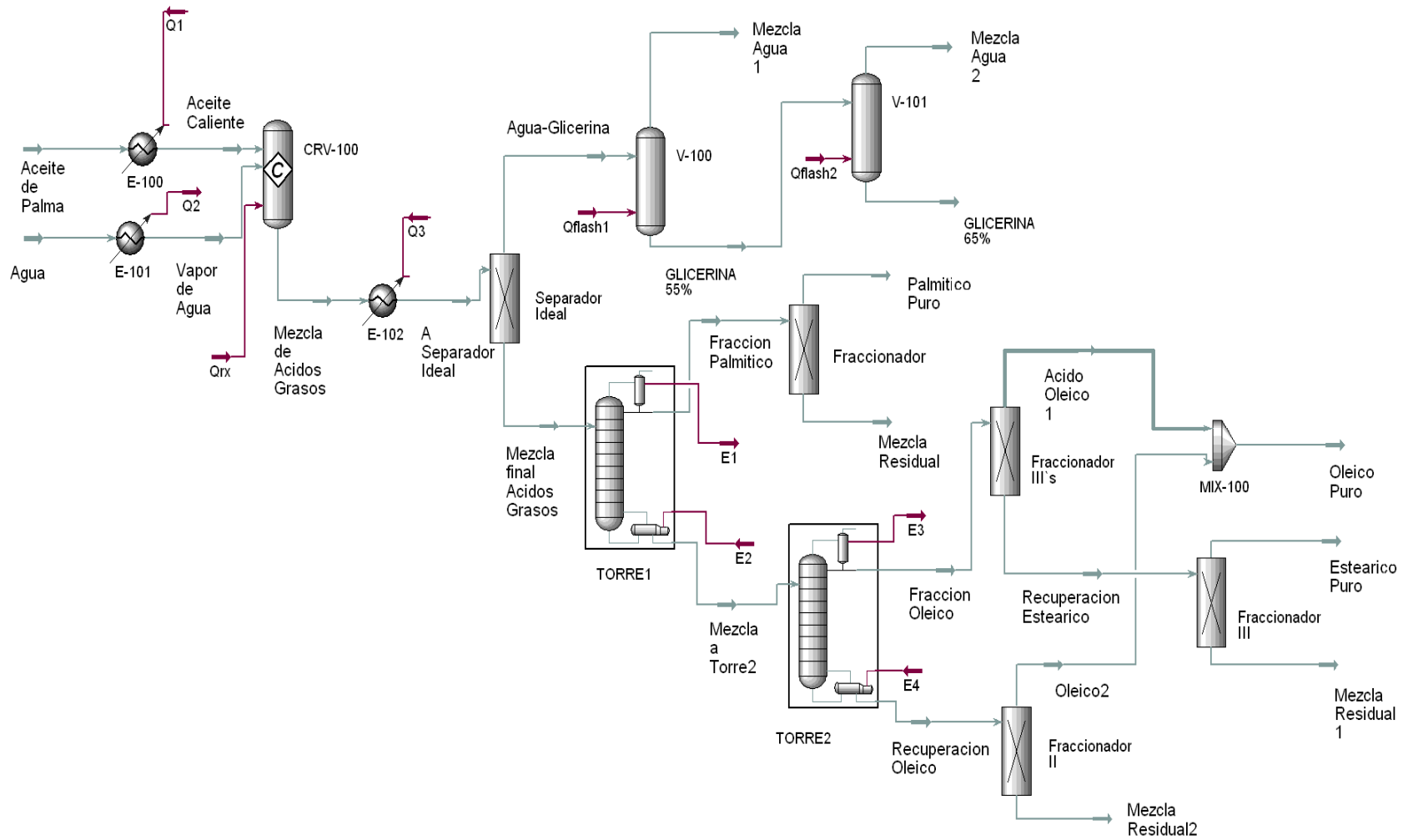
3.5 DIAGRAMA DEL PROCESO

La simulación del proceso de producción de ácidos grasos se realizó con el software HYSYS 3.2 usando el modelo termodinámico UNIQUAC (Universal Quasi Chemical) ya que este presenta mejores comportamientos para el tipo de equilibrio entre el aceite y el agua a elevadas presiones y temperaturas.

Esta herramienta presenta algunas limitaciones en cuanto a los triglicéridos que componen el aceite de palma que ingresa al proceso, ya que la distribución de los ácidos grasos en la molécula de la mezcla de triglicéridos no es bien conocida. Así entonces el aceite de palma se representó como la mezcla de los triglicéridos Tripalmitina y Trioleina, que se componen en su gran mayoría de ácidos palmítico y oleico.

En la Figura 9 se presenta el diagrama de flujo del proceso de obtención de los ácidos grasos.

Figura 9. Diagrama usado en la simulación en HYSYS de la planta de producción de ácidos grasos a partir del aceite de palma. (Fuente: El Autor)



La corriente de *aceite de palma* entra al proceso a temperatura ambiente 25°C y a 101.3 kPa de presión, con un flujo másico de 2339 kg/h, donde la composición de triglicéridos es la siguiente: Tripalmitina 50% y Trioleina 50%.

La otra corriente de alimentación al proceso es la de *agua*, en relación 3:1 al aceite. Esta ingresa con un flujo másico de 149.1 kg/h y a una temperatura de 25°C y presión atmosférica.

Ambas corrientes son calentadas en intercambiadores, hasta la temperatura de operación en el reactor 260° C, a fin de evitar un mayor consumo de energía dentro de del mismo y ayudar a la posterior hidrolisis. Seguidamente las corrientes de *Aceite caliente* y agua caliente (*Vapor de agua*) son introducidas al reactor CRV-100, el cual ajustado a los requerimientos de temperatura y presión del proceso, equivale en el montaje de la planta a una torre de separación en la cual se lleva acabo la hidrolisis del aceite y se obtiene una mezcla de ácidos grasos. Esta torre opera a una presión de 4697 kPa y 260°C logrando mantener el agua en estado líquido a esa presión.

La reacción de hidrolisis que se lleva acabo en el reactor tiene el 99 % de conversión de triglicéridos a ácidos grasos mezclados y tiene un tiempo de residencia aproximado de 3 horas.

La corriente de salida del reactor CRV-100, *Mezcla de ácidos grasos* contiene los ácidos grasos mezclados y las aguas de glicerina formadas. Posteriormente esta mezcla es introducida en un intercambiador de calor E-102 para enfriarla hasta 120°C debido a que por su tendencia a la descomposición los ácidos grasos deben ser destilados a bajas temperaturas.

La corriente de salida (*A Separador Ideal*) es enviada a un *Separador Ideal* que simula el comportamiento de un separador Flash, donde las aguas de glicerina formadas y la mezcla de ácidos grasos son separadas. El separador opera a una temperatura de 120°C y a una presión de 999.7 k Pa, donde por el tope se

desprende una corriente de *Agua-Glicerina* con un flujo de 201 kg/h y una composición del 75% en agua y el 25% en glicerina.

Estas aguas de glicerina deben ser sometidas a concentración y son enviadas al separador Flash V-100 que concentra la glicerina hasta un 55% evaporando el 72% del agua presente en la mezcla de entrada. La corriente *glicerina 55%* es enviada al Flash V-101 con el fin de evaporar la mayor cantidad de agua presente en la corriente y concentrar más la glicerina. La *Glicerina 55 %* entra a 250°C y sale por los fondos concentrada al 65%. Al Flash V-101 entran 141.2 kg/h de glicerina al 55% y salen por el tope 7.314 kg/h con 97% de agua y 3% de glicerina, concentrándose por el fondo casi toda la glicerina que entro en el separador.

Por los fondos del *Separador Ideal* sale la *Mezcla final de Ácidos Grasos* con un flujo de 2287 kg/h a una temperatura de 120°C y a una presión de 999.7 kPa, para ser introducida a la primera torre de destilación (TORRE 1) que removerá de impurezas de alto y bajo punto de ebullición y de olores fuertes a los ácidos grasos.

La corriente *Fracción de Palmítico*, destilada de la TORRE 1 contiene el ácido palmítico con un 98% de pureza y unas trazas de ácidos mirístico y oleico. Esta corriente es enviada al *Fraccionador* que simula bajo las condiciones de temperatura y presión de la corriente a una torre de fraccionamiento donde se obtiene 880.6 kg/h de ácido palmítico al 99 % de pureza.

Por los fondos de la TORRE 1 se desprende una corriente (*Mezcla a TORRE 2*) de 1398 kg /h de mezcla de ácidos grasos con 69% de ácido oleico y 7% de esteárico, a una temperatura de 186°C y una presión de 0.26 kPa. Esta mezcla es llevada a la TORRE 2 de donde se obtiene por el tope en *Fracción de Oleico* un flujo másico de 1363 kg/h con 952.22 kg/h de ácido oleico al 69.5% y 107.34 kg/h de ácido esteárico. La corriente *Fracción de Oleico* se envía a

Fraccionador III's que simula una nueva torre de fraccionamiento que separa el ácido oleico y recupera el ácido esteárico presente en la corriente de entrada.

Por la parte inferior del Fraccionador III's se obtiene un flujo de 410.4 kg/h compuesto principalmente por ácido esteárico, el cual es recuperado y concentrado en el Fraccionador III hasta obtener 107.3 kg/h de ácido.

Por la parte inferior de la TORRE 2 se obtiene una corriente de 35 kg/h con el 50% de ácido oleico y el 5.6% de ácido esteárico. Esta corriente (Recuperación de *Oleico*) es enviada al Fraccionador II que simula una torre de fraccionamiento donde por los topes se recupera el ácido oleico de la corriente de entrada y a su vez se envía hacia un mezclador MIX-100 junto con la corriente de *Acido Oleico I* que se obtiene por el tope del Fraccionador III's para obtener una mezcla de ácido oleico puro de 961.8 kg/h.

3.6 BALANCES DE MATERIA Y ENERGIA

La herramienta usada para el cálculo de los balances de masa y energía fue el paquete de simulación HYSYS plant versión 3.2 En el anexo I se presenta en detalle los balances de masa y energía.

3.7 DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS

El dimensionamiento de los principales equipos para la producción de 30000 Ton/año de ácidos grasos sobre la base de funcionamiento de 300 días/año, se hizo utilizando el paquete de simulación HYSYS plant 3.2 (ver Anexo J).

4. EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA

Este capítulo muestra la estimación de la inversión inicial en base al estudio de costos que comprende: el costo de los equipos, el capital de inversión fija, entre otros. Para ello se tiene en cuenta las recomendaciones que en la literatura ^[17] se hacen para este tipo de estudio, el cual se clasifica como un estimativo de prefactibilidad ya que se define el tamaño de los equipos principales y las necesidades de servicios industriales para determinar un estimativo de costos teniendo en cuenta los factores que los afectan. Este tipo de estudios no incluye balances rigurosos de materia y energía, ni se especifican completamente los servicios e instalaciones que requiere la planta, por ello la estimación de los costos tiene una precisión que se encuentra en un rango entre el +30% de sobre costo y el -20% de sub-valorización. Para todos los cálculos se tomó como base la tasa representativa del mercado actual, aproximadamente \$ 2.304 pesos promedio por dólar.

4.1 EVALUACION ECONOMICA

4.1.1 Estimación del capital de Inversión fijo

Para calcular el capital de inversión fijo se utilizó el método de estimación independiente de cada uno de los componentes; partiendo del costo de compra del equipo evaluado (ver anexo K). El costo de los equipos principales para el funcionamiento de la planta está avaluado en \$ 3.255.222.528 pesos a la fecha y se calculó en base a las condiciones de operación y dimensiones suministradas por HYSYS y calculadas por el autor.

Otros costos de inversión directa e indirecta como instalaciones del equipo fundamental, ingeniería y supervisión, se calcularon como porcentajes sobre la inversión del equipo fundamental (ver Anexo L).

4.1.2 Costos de Producción

Para determinar los costos de producción se tuvieron en cuenta los costos fijos, que representan los costos asociados con la mano de obra directa e indirecta y

los costos de mantenimiento; los costos variables, que involucran los costos de fabricación asociados a las materias primas y a los servicios.

El total de costos de producción anual se estimó en \$ 61.893.221.071 pesos (ver Anexo M).

4.1.3 Capital de trabajo

El capital de trabajo considerado incluye la suma de dinero total invertido en materias primas, productos acabados, cuentas por cobrar, cuentas e impuestos por pagar, etc. Se consideró como el 15 % de la inversión fija. La literatura recomienda un rango entre el 10 y el 20% con posibilidad de subir al 50 % si el producto debe almacenarse por largas temporadas de tiempo.

CAPITAL DE TRABAJO	15% ICF	\$
	US \$ 372.994	\$ 859.378.747,35

Con la inversión fija y el capital de trabajo estimados, el capital de inversión inicial para el montaje de la planta de ácidos grasos es de \$ 6.588.570.396.

4.2 EVALUACION FINANCIERA

Para la determinación del flujo de caja se tuvieron en cuenta algunas consideraciones como: una inflación constante anual del 8%, un incremento constante anual del 8% en los precios de venta de los ácidos grasos y en los precios de compra del Aceite de Palma. Estos incrementos se toman así para un estimativo monetario, ya que realmente los precios de venta de los ácidos grasos y los precios de compra del aceite de palma pueden tener variaciones muchísimo mayor o menor que las propuestas.

El horizonte del proyecto es de 10 años, donde en los dos primeros años se monta la planta y a partir del 3 año (2010) se inicia la producción industrial.

Se considera que la capacidad instalada se aprovechará al 50% el primer año productivo y sucesivamente aumentará un 20% anual hasta alcanzar un 100% de aprovechamiento.

Los precios de los ácidos grasos por tonelada se estimaron en \$3.170.304 Acido Palmítico, \$3.133.440 Acido Oleico, \$2.481.408 Acido Esteárico y el precio de la glicerina al 65% de pureza en \$ 253.440. Igualmente el precio del aceite de palma se estimo en promedio a \$ 2.111.667 pesos/Tonelada según Fedepalma.

La tasa de oportunidad (T.A.M.I) que se tomó en cuenta fue del 25%.

4.2.1 Resultado Evaluación Financiera

Con base en estas consideraciones se definió el flujo neto de caja (ver Anexo N) que corresponde a la suma del presupuesto de inversión y del presupuesto de producción, y a partir de sus resultados se calcularon los indicadores financieros.

El valor presente neto fue de \$ 4.900.440.859 pesos (ver Anexo O), con una tasa interna de retorno de 139.75%, lo cual representa una muy buena rentabilidad ya que el valor presente neto es positivo y la tasa interna de retorno es mucho mayor a la tasa atractiva mínima propuesta del 25%. Esto se debe en gran medida a que por cada 6 toneladas de aceite se están produciendo 2 toneladas de ácidos Palmítico y Oleico respectivamente y fracciones de Esteárico y Glicerina.

4.2.2 Análisis de Sensibilidad

Debido a las fluctuaciones constantes del mercado se analizó el comportamiento de los indicadores económicos cuando el precio de materia prima y los precios de los ácidos grasos tienen una tendencia al alza y a la baja (ver Anexo P). Con esas fluctuaciones, los indicadores económicos obtenidos son favorables para invertir en el proyecto.

CONCLUSIONES

- ✓ La demanda de ácidos grasos en el panorama nacional y de la Comunidad Andina de Naciones se encuentra insatisfecha, evidenciando una clara posibilidad de inversión industrial, ya que los ácidos grasos son indispensables en la producción de bienes intermedios que demandan gran consumo para la consecución de bienes finales como cosméticos, productos de aseo, entre otros.
- ✓ El sector palmero Colombiano cuenta con suficiente capacidad para atender la demanda interna de Aceite de Palma destinada a usos comestibles y suministrar un porcentaje para la producción de ácidos grasos a parte de la destinada para la producción de biodiesel.
- ✓ El proceso propuesto para la obtención de ácidos grasos por la ruta de hidrolisis continua en contracorriente (Proceso Emery-Colgate) ofrece un comportamiento eficiente ante los datos analizados y ofrece un alto grado de conversión en un menor tiempo en comparación al resto de las tecnologías.
- ✓ El capital de inversión para el montaje de la planta de ácidos grasos en Colombia es de \$ 6.588.570.396 pesos y el costo de producción anual es de \$ 61.893.221.071 pesos.
- ✓ La evaluación financiera del proyecto arroja resultados favorables para los indicadores económicos VPN de (\$4.900.440.859) y T.I.R (139.75%), lo que garantiza que invertir en el proyecto es rentable.
- ✓ La implementación de este proyecto genera 42 empleos directos en la región establecida para su montaje (Barrancabermeja) y un impacto ambiental mínimo teniendo en cuenta el análisis establecido.

RECOMENDACIONES

- ✓ Para un estudio de factibilidad se recomienda hacer un análisis mas detallado de la demanda de ácidos grasos en el país y en la Comunidad Andina de Naciones y así actualizar los datos con los que se trabajaron en este proyecto.
- ✓ A fin de mejorar los datos obtenidos en la simulación utilizando HYSYS 3.2 se recomienda adecuar el cálculo de las propiedades al Aceite de Palma Colombiano.
- ✓ Se recomienda desarrollar estudios para aprovechar las corrientes de ácidos grasos que no fueron fraccionadas en el proceso debido a la complejidad del mismo.
- ✓ Debido a la eminente crisis económica y a las fluctuaciones de los indicadores económicos de los últimos meses, se recomienda ampliar los escenarios de costos para completar el estudio de sensibilidad.

BIBLIOGRAFIA

1. BORJA, Jorge .Definición de productos estratégicos para la Industrial Oleoquímica. Selección de Tecnologías de producción. Bucaramanga. 2003. p. 5-12.
1. INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE PROCESOS QUÍMICOS-ING.QUIMICA-UMSA. Aprovechamiento de residuos grasos de matadero y curtimbres. La Paz. Agosto 2004. 42 p.
2. WOLFGANG, Rupilius and SALMIAH, Ahmad. The Changing Word of Oleochemicals.2004.
3. FEDEPALMA. Anuario Estadístico de Fedepalma, Statistical Yearbook 2007. La Agroindustria de la Palma de Aceite en Colombia y en el Mundo. 2007.
4. Grupo de Transferencia Tecnológica (INTERFASE), Instituto Colombiano del Petróleo (ICP). Definición de Productos Oleoquímicos Estratégicos. Fase I: Estudio Exploratorio de la Industria Oleoquímica. Julio. 2005.
5. LEAL, Soul y OJEDA, Alejandra. Estudio de Prefactibilidad Tecnico-Economico para la producción de Alcoholes Grasos a partir de Aceite de Palmiste Crudo. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas. Bucaramanga 2004.
6. Grupo de Transferencia Tecnológica (INTERFASE), Instituto Colombiano del Petróleo (ICP). Cadena Productiva de la Palma de Aceite Zona Central. Dirección General de Investigaciones. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. Junio 2002.

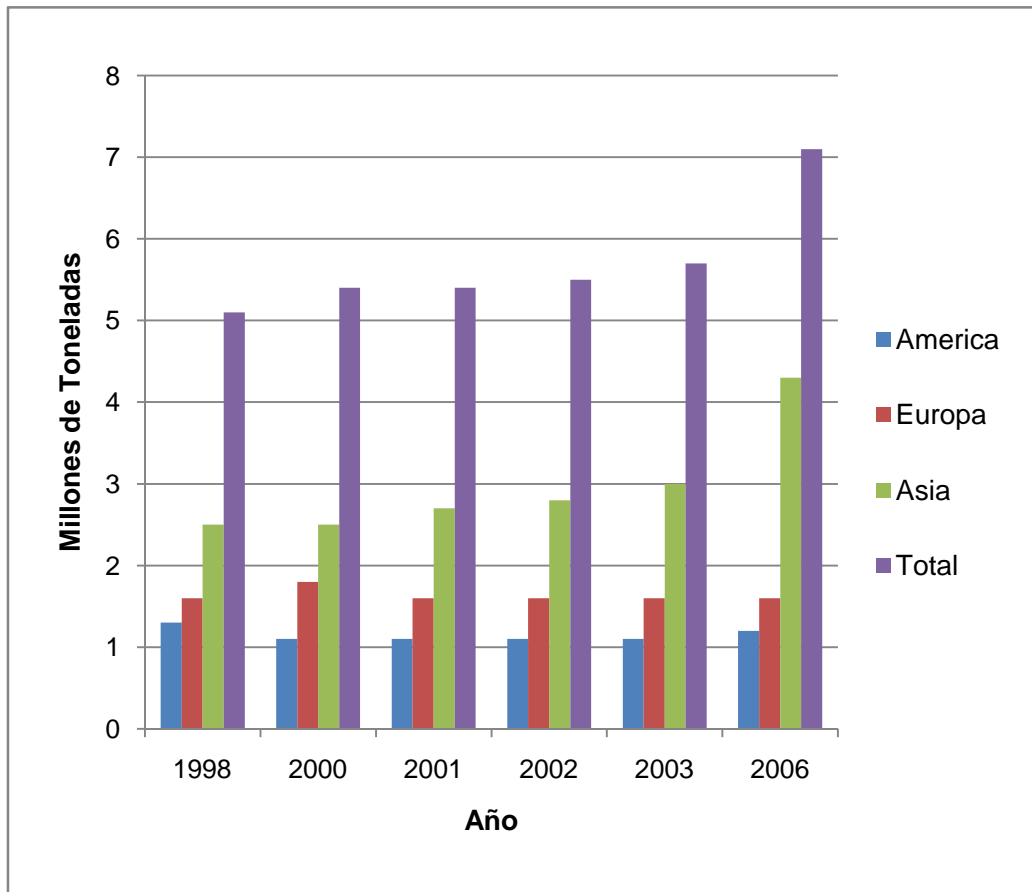
7. Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite-Fedepalma. Balance del Sector Palmero Colombiano en el primer Semestre de 2008. Marzo 2008.
8. GONZALES, Víctor y SERRANO, Patricia. Obtención de Acido Láurico a partir de Aceite de Palmiste a Escala de Laboratorio. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Química. Bucaramanga. 2006.
9. HERRERA, William y MONTAÑEZ, Urbano. Obtención y Caracterización de Acido Esteárico a partir de Aceite de Palma a Escala de Laboratorio. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Química. Bucaramanga. 2006.
10. XIV Conferencia Internacional sobre Palma de Aceite. Revista Palmas. Vol. 25 No. Especial Tomo II. 2004.
11. The Growth and Challenges of Oleochemicals Industry in South East Asia. IOI Oleochemical Industries. ICIS 6th World Oleochemicals Conference 2007. Brussels, Belgium. October 24, 2007.
12. ALVAREZ, Mario. Prospectiva para el Desarrollo de la Industria Oleoquímica del Aceite de Palma. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 2004.
13. SALCEDO, Tito. La Palma de Aceite en Colombia. Proceso de Extracción del Aceite Crudo de Palma Africana. Diplomado Oleoquímica. Bucaramanga. 2008.
14. ACEVEDO, Leonardo y ACEVEDO, Paola. Procesos Básicos de Oleoquímica. Diplomado Oleoquímica. Bucaramanga. 2008.

15. ABREU, Leonel y BARRERA, Edith. Estudio de Prefactibilidad Tecnico-Economico para la Producción de Ésteres de Metilo a partir de la Estearina de Palma. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Química. Bucaramanga. 2004.
16. MUCKERHEIDE, V. Fat Splitting and Destillation. Emery Industries Inc. The Journal of the American Oil Chemists' Society. Cincinnati, Ohio. November. 1952.
17. PETERS, Max S & TIMMERHAUS, Klaus D. Plant Design and Economics for Chemical Engineers. Cuarta Ed. New York: McGraw-Hill, 1991. p. 137-296.
18. BACA URBINA, Gabriel. Evaluación de Proyectos. Tercera Ed. Mc Graw-Hill, México. 1999.
19. BAASEL, William D. Preliminary Chemical Engineering Plant Design. New York: Elsevier. p. 237-316.
20. Ministerio de agricultura y Desarrollo Rural. Observatorio Agrociudades Colombia. Estadísticas: La Cadena de Oleaginosas en Colombia. 2006.
21. JAIMES, Diana, ROMERO, Carlos y NARVAEZ, Paulo. Principales Tecnologías para la Elaboración de Oleoquímicos a partir de los Aceites de Palma y de Palmiste: Primera parte: Tecnología para la Producción de Oleoquímicos Básicos. Revista Palmas. Vol. 2 No. 4. 2003. p. 55-70.
22. McCABE, Warren L, SMITH, Julian C and HARRIOT, Peter. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química, cuarta edición. Mc Graw Hill. España. 1994.

23. FEDEPALMA :Federación Nacional de Palmicultores
www.fedepalma.com
24. ANDI: Asociación Nacional de Industriales
www.andi.com.co/brujulaempresarial
25. CAN: Comunidad Andina de Naciones www.comunidadandina.org
26. AOTD: Advanced Oleochemical Technology Division
www.mpob.gov.my/aotd/usage.htm
27. AOMG: ASEAN Oleochemical Manufacturers Group
www.aomg.org.my/index.php
28. CENIPALMA: Centro de Investigaciones en Palma
www.cenipalma.org/oleoq.htm
29. Imperial Industrial Chemicals www.iic.co.th/applications.htm
30. PALM OIL www.palmoil.com
31. PFALTZ & BAUER www.pfaltzandbauer.com
32. KUEH SOON, Ting. "An Overview of the ASEAN Oleochemical Market".
www.mosta.org.my/news/vol10_2/59TKSoon.doc
33. DANE, "Banco de Datos". www.dane.gov.co

ANEXOS

ANEXO A. PRODUCCIÓN MUNDIAL DE ÁCIDOS GRASOS



Fuente: WOLFGANG Rupilius and SALMIAH Ahmad. The Changing World of Oleochemicals

**ANEXO B. IMPORTACIONES, EXPORTACIONES Y BALANZA COMERCIAL
DE LOS ACIDOS GRASOS EN LA COMUNIDAD ANDINA**

Tabla B1. Mercado de Ácido Palmítico, Sus sales y sus esteres - NANDINA 29157010

País	Exportaciones (Toneladas)	Importaciones (Toneladas)	Balanza Comercial
Bolivia	0	3	-3
Ecuador	3	510	-507
Perú	0	819	-819
Venezuela	0	20	-20
TOTAL	3	1352	-1349

Tabla B2. Mercado de Acido Esteárico – NANDINA 29157021

País	Exportaciones (Toneladas)	Importaciones (Toneladas)	Balanza Comercial
Bolivia	0	75	-75
Ecuador	0	336	-336
Perú	578	1987	-1409
Venezuela	0	220	-220
TOTAL	578	2618	-2040

Tabla B3. Mercado de Acido Oleico – NANDINA 29161510

País	Exportaciones (Toneladas)	Importaciones (Toneladas)	Balanza Comercial
Bolivia	0	0	0
Ecuador	0	131	-131
Perú	0	657	-657
Venezuela	0	0	0
TOTAL	0	788	-788

Tabla B4. Mercado de Acido Linoleico – NANDINA 29161590

País	Exportaciones (Toneladas)	Importaciones (Toneladas)	Balanza Comercial
Bolivia	0	1	0
Ecuador	0	5	-5
Perú	0	5	-5
Venezuela	0	0	0
TOTAL	0	10	-10

Tabla B5. Mercado de Acido Láurico – NANDINA 2915950

País	Exportaciones (Toneladas)	Importaciones (Toneladas)	Balanza Comercial
Bolivia	0	0	0
Ecuador	0	8	-8
Perú	0	4	-4
Venezuela	0	0	0
TOTAL	0	12	-12

Fuente: Comunidad Andina. Periodo comprendido entre 2000 y 2004 para tablas (B1, B2, B3, B4, B5)

ANEXO C. IMPORTACIONES Y EXPORTACIONES DE ACIDOS GRASOS EN COLOMBIA Y SUS PRINCIPALES DESTINOS

Tabla C1. Importaciones de Ácido Palmítico en Colombia - NANDINA 29157010

	Volumen en toneladas				
	2000	2001	2002	2003	2004
Mundo	384	762	371	618	433
Principales Orígenes					
Malasia	143	263	192	269	229
Estados Unidos	40	37	56	124	89
Francia					4

Tabla C2. Exportaciones de Ácido Palmítico en Colombia - NANDINA 29157010

	Volumen en toneladas				
	2000	2001	2002	2003	2004
Mundo	2	28	198	295	840
Principales Orígenes					
Ecuador	0	16	33	102	104
Perú	0		164	162	208
Chile	0	0	0	26	494

Tabla C3. Importaciones de Ácido Oleico en Colombia - NANDINA 29161510

	Volumen en toneladas				
	2000	2001	2002	2003	2004
Mundo	105	94	166	205	140
Principales Orígenes					
Argentina	61	45	129	153	124
Estados Unidos	31	45	37	51	15
Alemania	14	4	1	1	1

Tabla C4. Importaciones de Ácido Linoleico en Colombia - NANDINA 29161590

	Volumen en toneladas				
	2000	2001	2002	2003	2004
Mundo	6	27	14	14	23

Principales Orígenes

Uruguay	0	24	12	3	91
Estados Unidos	0	0	0	2	61
China	0	0	1	2	5

Tabla C5. Importaciones de Acido Esteárico en Colombia – NANDINA 29157021

	Volumen en toneladas				
	2000	2001	2002	2003	2004
Mundo	788	1613	1418	1531	452

Principales Orígenes

Perú	316	191	57	14	0
Argentina	337	1148	1108	908	224
Estados Unidos	47	96	29	78	40
China	0	0	9	61	93

Tabla C6. Exportaciones de Acido Esteárico en Colombia – NANDINA 29157021

	Volumen en toneladas				
	2000	2001	2002	2003	2004
Mundo	21	118	61	35	69

Principales Orígenes

Venezuela	21	118	23	0	42
-----------	----	-----	----	---	----

Tabla C7. Importaciones de Acido Láurico en Colombia – NANDINA 2915950

	Volumen en toneladas				
	2000	2001	2002	2003	2004
Mundo	132	193	167	146	330

Principales Orígenes

Malasia	13	21	83	145	306
Estados Unidos	1	1	1	1	1

Fuente: Comunidad Andina. Periodo comprendido entre 2000 y 2004 para tablas (C1 a C7)

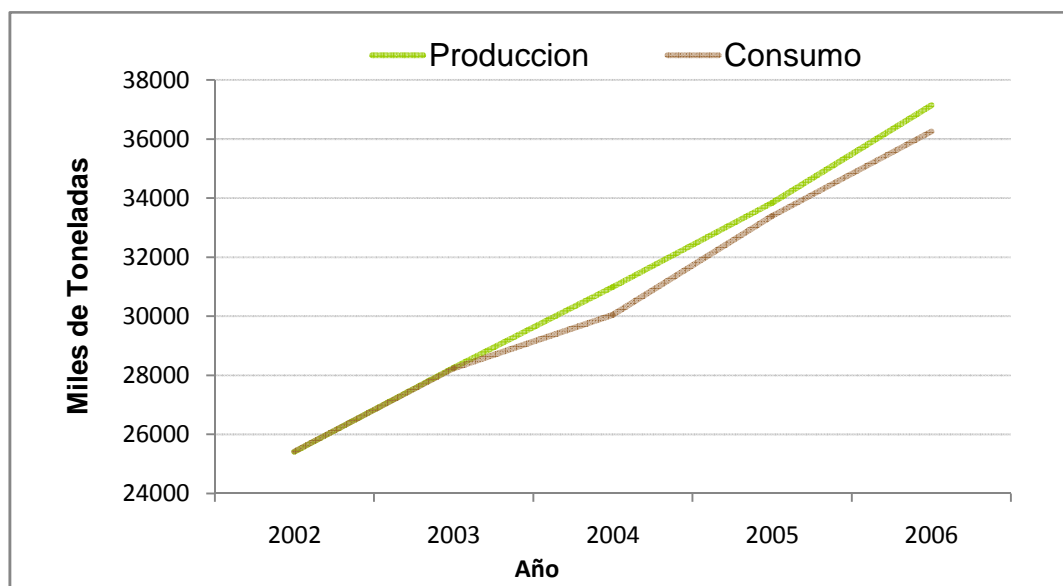
ANEXO D. DEMANDA Y OFERTA DE ACEITE DE PALMA EN COLOMBIA

Demanda y oferta⁵

La palma de aceite se siembra en 42 países, si bien se concentra en los países asiáticos, en donde Malasia e Indonesia responden por el 86% de la producción mundial, Colombia es el quinto país productor después de Malasia, Indonesia, Nigeria y Tailandia, sin embargo, su producción es muy pequeña al compararla con los países asiáticos, si se tiene en cuenta que tan solo alcanza el 1.9% de la producción mundial, la cual se ha venido incrementado en los últimos años a razón de un crecimiento de 9.8% anual pasando de 25.407 mil toneladas en 2002 a 37.151 mil toneladas en 2006. Igualmente el consumo de aceite de palma también ha venido ganando participación pasando de 25.420 mil toneladas en el 2002 a 36.254 mil toneladas en el 2006 como se muestra en la figura D1.

Es así como el aceite de palma es considerado como el cultivo oleaginoso a futuro de mayor producción y consumo.

Figura D1. Producción y Consumo Mundial de Aceite de Palma



⁵ Anuario Estadístico Fedepalma 2007.

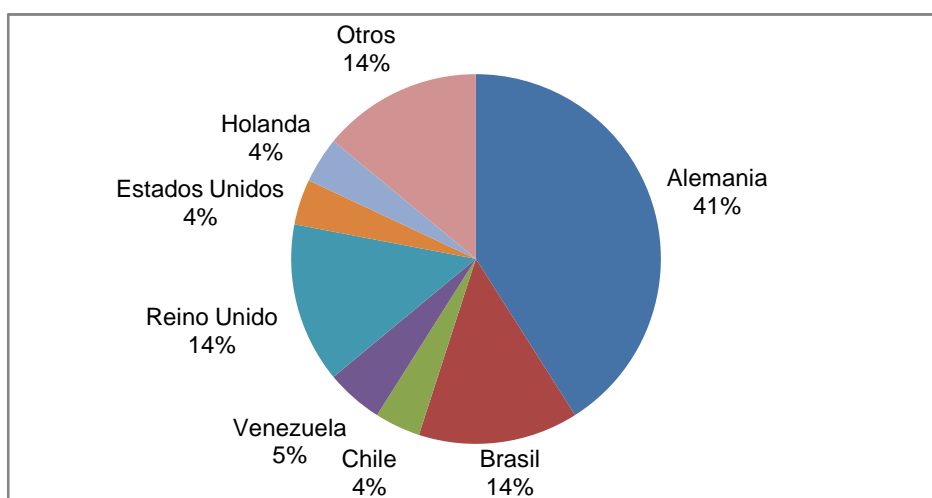
En Colombia la producción de Aceite de Palma pasó de 528.4 mil a 713.3 mil toneladas correspondiente a una tasa de crecimiento anual alrededor del 6%.

Se espera que para el 2009 la producción de aceite de palma sea de 1.602.6 mil toneladas abasteciendo un consumo interno de 520.1 mil toneladas⁶, y provea una posible demanda de aceite, destinado a la producción de ácidos grasos y un pequeño excedente restante a la exportación.

En cuanto a las exportaciones Colombia paso de 76.104 mil toneladas en 2002 a 175.696 mil toneladas en el primer semestre de 2008. Por su parte en el periodo comprendido entre 2005 y 2006, las exportaciones disminuyeron en un 7.7 %, debido principalmente al mayor consumo interno de la palma de aceite como fuente de abastecimiento de materias primas para la fabricación de aceites y grasas comestibles, de igual forma para el abastecimiento de la demanda local de biodiesel (ver Figura D3).

El mayor volumen de exportaciones de Aceite de Palma se orienta hacia tres países en los cuales se concentran el 69 % del total. El primer mercado es Alemania con una participación del 41%, seguido del Reino Unido y Brasil con el 14% respectivamente, como se muestra en la figura D2.

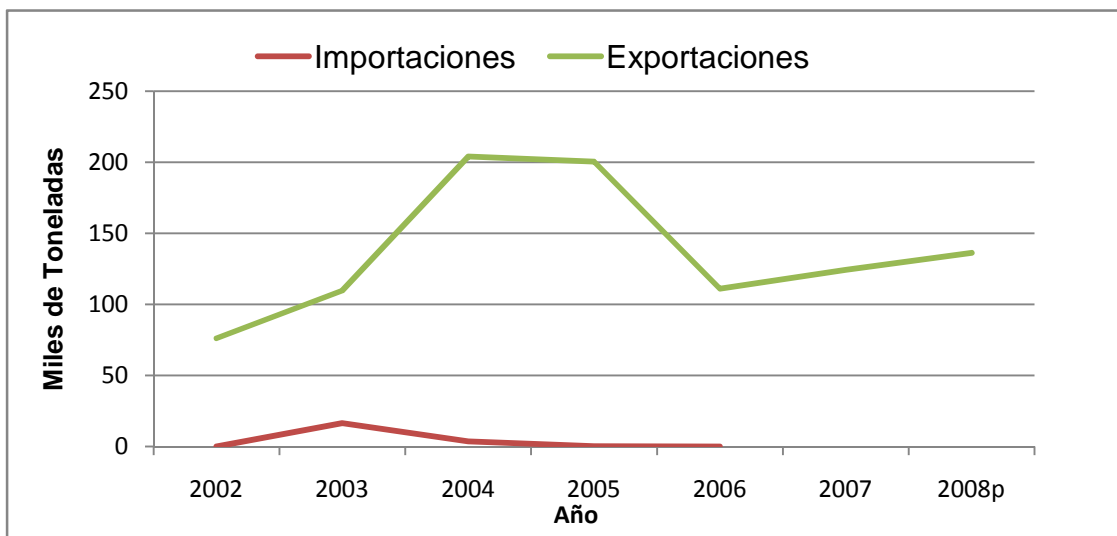
Figura D2. Destino de la Exportaciones de Aceite de Palma en Colombia



⁶ Estrategia para el desarrollo competitivo del sector Palmero Colombiano. Consejo Nacional de Política Económica y Social. Departamento de Planeación Nacional. 2007

Mientras tanto en las importaciones se observaron bajos niveles pasando de 16.4 mil toneladas en el 2003 a 22 toneladas en 2006 con una tasa de crecimiento del -91 % y la no importación en el primer periodo de 2008 (Figura D3)

Figura D3. Exportaciones e Importaciones Aceite de Palma Colombia 2002-



Fuente: Comunidad Andina de Naciones

**ANEXO E. PRINCIPALES PROVEEDORES NACIONALES E
INTERNACIONALES DE ACEITE DE PALMA**

Tabla E1. Productores de Aceite de Palma en Colombia

<i>Departamento</i>	<i>Municipio</i>	<i>Empresa</i>
Sur del Cesar	Aguachica	Agroince Ltda. y Cía. S.C.A
	San Alberto	Industria Agraria La Palma S.A
	San Martín	Palmeras del Cesar S.A
Santander	Puerto Wilches	Extractora Central S.A
		Oleaginosas Las Brisas S.A
Magdalena	El Retén	Aceites S.A
	Ciénaga	Extractora Bella Esperanza Ltda.
		Gradesa S.A
Antioquia	Mutató	Comercializadora Internacional Extractora Bajirá S.A

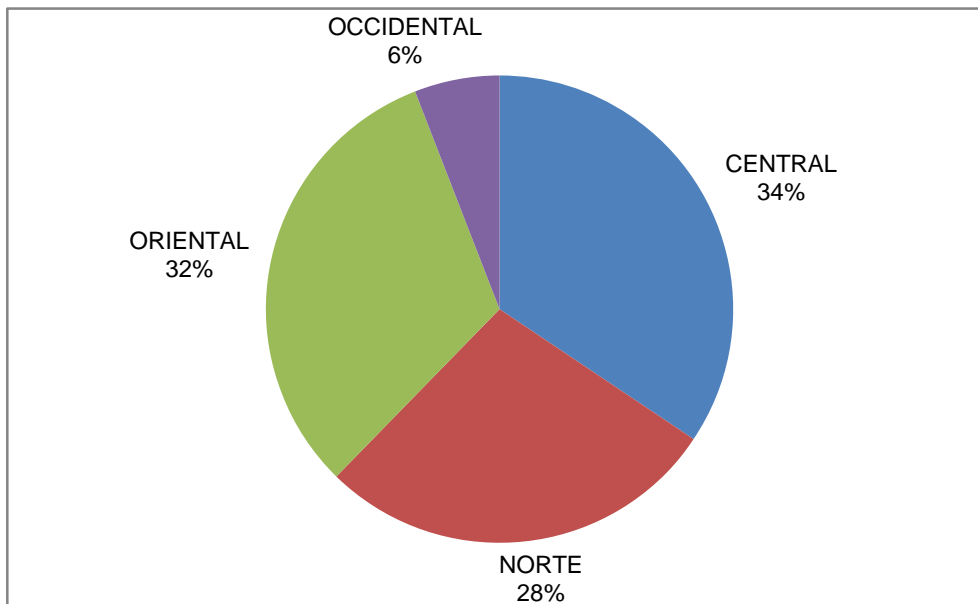
Fuente: Anuario Estadístico de Fedepalma 2007

Tabla E2. Productores de Aceite de Palma en Ecuador

<i>Ciudad</i>	<i>Empresa</i>
Quito	Asociación Nacional de Cultivadores de Palma
	Fundación de Fomento de Exportaciones de Aceite de Palma y sus Derivados de Origen Nacional
	Asociación de Productores de Grasas y Aceites del Ecuador

Fuente: www.sica.gov.ec/cadenas/aceites/docs/gremio_productores.htm

ANEXO F. DISTRIBUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ACEITE DE PALMA CRUDO POR REGIONES



FUENTE: Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite-Fedepalma. Balance del Sector Palmero Colombiano en el primer Semestre de 2008. Marzo 2008

ANEXO G. ANALISIS FACTORES RELEVANTES PARA LA LOCALIZACION

Factor	Análisis Preliminar
Factibilidad de Transporte	<p>Las vías a los principales destinos se consideran en buen estado y el transporte a un costo relativamente normal.</p> <p>La ubicación en la ciudad de Barrancabermeja fue pensando también en la facilidad de transporte y la centralidad tanto a las materias primas como a los principales destino de ventas.</p>
Cercanía al Mercado Objetivo	<p>Departamentos como Antioquia, Bolívar y Cesar que cuentan con un gran potencial en siembra de palma presentan la desventaja frente a la ciudad de Barrancabermeja debido a que su ubicación acarrearía mayores costos de distribución del producto, ya que se han considerado las ciudades de Bogotá, Medellín y Cali como los principales mercados objetivo.</p>
Facilidades de Infraestructura Industrial	<p>Barrancabermeja cuenta con un valor agregado y es que es la capital petrolera del país, disponiendo de un gran complejo industrial lo que garantiza escenarios favorables para la consecución de recursos como servicios Industriales, suelos e impuestos bastante cómodos, entre otros.</p>
Proximidad a las Materias Primas	<p>La zona norte cuenta con gran cantidad de hectáreas sembradas en palma y varias empresas dedicadas a la extracción del aceite. Por ende se considero a Barrancabermeja como una gran alternativa, ya que esta muy cerca a estas empresas y generaría menor gasto en trasporte de materia prima.</p>

PRINCIPALES EMPRESAS PRODUCTORAS Y COMERCIALIZADORAS DE PRODUCTOS DE ASEO, CUIDADO PERSONAL Y COSMÉTICOS EN COLOMBIA

Cofarma	Barranquilla
Pro Nova	Barranquilla
Productos De Consumo	Barranquilla
Retycol	Barranquilla
Detergentes Panamericanos	Barranquilla
Disnavar	Barranquilla
Laboratorios Ross Délen	Barranquilla
Productos Lbd	Barranquilla
Procter & Gamble Ltda.	Bogotá
Unilever Andina S.A	Bogotá
Dersa	Bogotá
Gitcol	Bogotá
Henkel Colombiana S.A	Bogotá
Clorox	Bogotá
Azul K Bogotá	Bogotá
Sc Johnson & Son Colombiana S.A	Bogotá
Colgate Palmolive	Cali
Varela	Cali
Reckitt Benckiser	Cali
Laboratorios Recamier Ltda.	Cali
Cali Beisbol	Cali
Belleza Express	Cali
Laboratorios Sky	Cali
Laboratorios Biologic	Cali
Industrias High Lac	Cali

Fuente: ANDI, Cámara de la Industria de Productos Cosméticos y Productos de Aseo.

ANEXO H. MÉTODOS DE OBTENCIÓN INDUSTRIAL DE ACIDOS GRASOS POR HIDRÓLISIS

Hidrólisis con reactivo Twitchell

En este proceso, la hidrólisis se realiza a presión atmosférica por lotes. El aceite se calienta previamente con 0,1-0,2% de ácido sulfúrico diluido, para eliminarle impurezas que envenenarían los catalizadores si no se remueven. Posteriormente, se carga el reactor con el aceite, 25-50% de agua, 0,75-1,25% del reactivo Twitchell (producto de la reacción de un ácido graso, con benceno, naftaleno o fenol y ácido sulfúrico, a temperatura inferior a los 30°C) y 0,2-1% de ácido sulfúrico a 100°C. La temperatura de reacción es de 115-120°C, con un tiempo de reacción de 12-48 horas.

La operación suele realizarse en dos o tres etapas para reemplazar las aguas ricas en glicerol, por agua fresca o menos contaminada de operaciones anteriores y así lograr un mayor grado de hidrólisis (del 90 al 95%). Finalmente, los ácidos grasos se lavan en caliente con agua fresca, retirándoles así el catalizador y el ácido sulfúrico. Luego se destilan al vacío y se cristalizan⁷.

Hidrólisis acida por lotes a presión media

En este proceso la hidrólisis se realiza a una presión de 90-145 psi, en autoclaves de cobre o acero inoxidable. La temperatura de reacción es de 150-175°C, con un tiempo de reacción entre 5-10 horas, utilizando catalizadores como óxidos de Zinc, Calcio o Magnesio al 1,2%, o jabones de estos dos metales. Se alcanzan porcentajes de hidrólisis del 85-98%, con un porcentaje de glicerol en la fase acuosa del 10-15%. Se requiere de varias etapas para aumentar el grado de hidrólisis y de pre-tratamiento del aceite con ácido sulfúrico.

⁷ Hui Y.H. Bailey's Industrial Oil and Fat Products.1996

Hidrólisis acida por lotes a alta presión

En este proceso la hidrólisis se realiza en autoclaves de cobre o acero inoxidable. La temperatura y la presión de trabajo son 240°C y 495 psi respectivamente, y el tiempo de reacción es de 2-4 horas. La reacción se lleva a cabo sin el uso de catalizadores, alcanzando un grado de hidrólisis de 85-98%, con un porcentaje de glicerol en la fase acuosa del 10 al 15%. El grado de hidrólisis depende del número de etapas del proceso, y se requiere pre-tratamiento del aceite con ácido sulfúrico.

Hidrólisis continúa en contracorriente

Conocido también como proceso Colgate-Emery es el más eficiente de los procesos conocidos, consiste en la hidrólisis de los aceites sin el uso de catalizador ni de agentes surfactantes.

Este proceso de separación continua en contracorriente, emplea una temperatura entre 250-260°C y una presión de 750 psi. Con un tiempo de residencia de 3 horas aproximadamente, se puede lograr una conversión del 98 al 99% de los triglicéridos en ácidos grasos. El agua dulce que se obtiene tiene entre 12-20% de glicerol. Una de las principales ventajas de este proceso es que los ácidos grasos no requieren purificación, aunque es posible producir ácidos de alta pureza mediante destilación o fraccionamiento adicional.

Hidrolisis enzimática

Este proceso se lleva a cabo en un reactor con células inmovilizadas, en dos fases, utilizando la lipasa que produce el microorganismo *Cándida rugosa* como catalizador biológico. La temperatura a la cual se realiza el proceso es de 45°C, a pH 7 y presión atmosférica. Se requiere la activación de la enzima con sulfato de magnesio. Después de 24 horas se alcanza un grado de hidrólisis de 82%.

Hidrolisis de esteres metílicos

Es un proceso de doble reacción, donde inicialmente se producen ésteres metílicos a partir del aceite y luego se hidrolizan para obtener así los ácidos grasos (ver figura H1). La hidrólisis de los ésteres metílicos se lleva a cabo en presencia de un catalizador ácido y consta de dos pasos: primero, la mezcla de proporciones específicas del éster metílico, agua y el catalizador para formar una sola fase de reacción; segundo, el calentamiento de la fase de reacción a una temperatura de 70 a 110°C. Las proporciones de la mezcla de agua a éster son al menos de 1:1. El tiempo de reacción es de 2 a 6 horas.

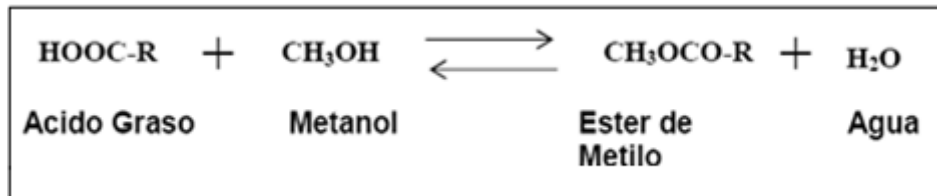




Figura H1. Hidrolisis de un Ester Metílico

ANEXO I. BALANCES DE MATERIA Y ENERGIA

 Centro de Transferencia Tecnologica Universidad Industrial de Santander Escuela de Ingenieria Quimica Oficina 201		Case Name: C:\DOCUMENTS AND SETTINGS\USER\ESCRITORIO\DEFINITIVO.HS			
		Unit Set: SI			
		Date/Time: Sat Oct 25 19:59:37 2008			
Workbook: Case (Main)					
Streams					
					Fluid Pkg: All
Name	Aceite de Palma	nula	Mezcla de Acidos Gras	Agua	Aceite Caliente
Vapour Fraction	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Temperature (C)	25.00	260.0	260.0	25.00	260.0
Pressure (kPa)	101.3	5171	5171	101.3	4697
Molar Flow (kgmole/h)	2.758	0.0000	13.93	8.274	2.758
Mass Flow (kg/h)	2339	0.0000	2488	149.1	2339
Std Ideal Liq Vol Flow (m3/h)	2.515	0.0000	2.745	0.1494	2.515
Heat Flow (kJ/h)	-4.609e+006	0.0000	-7.431e+006	-2.357e+006	-3.348e+006
Molar Enthalpy (kJ/kgmole)	-1.671e+006	-2.396e+005	-5.335e+005	-2.849e+005	-1.214e+006
Name	Vapor de Agua	Agua-Glicerina	A Separador Ideal	Mezcla Agua 1	GLICERINA 55%
Vapour Fraction	1.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000
Temperature (C)	260.0	120.0	120.0	248.6	250.0
Pressure (kPa)	4697	999.7	999.7	1198	1300
Molar Flow (kgmole/h)	8.274	5.544	13.93	3.153	2.390
Mass Flow (kg/h)	149.1	201.0	2488	59.77	141.2
Std Ideal Liq Vol Flow (m3/h)	0.1494	0.1751	2.745	5.912e-002	0.1160
Heat Flow (kJ/h)	-1.954e+006	-2.054e+006	-8.337e+006	-7.499e+005	-1.105e+006
Molar Enthalpy (kJ/kgmole)	-2.361e+005	-3.704e+005	-5.985e+005	-2.378e+005	-4.623e+005
Name	GLICERINA 65%	Mezcla Agua 2	Mezcla final Acidos Gr	Fraccion Palmitico	Mezcla a Torre2
Vapour Fraction	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Temperature (C)	280.0	279.0	120.0	165.0	186.8
Pressure (kPa)	1600	1498	999.7	0.2666	0.2666
Molar Flow (kgmole/h)	2.030	0.3599	8.385	3.469	4.916
Mass Flow (kg/h)	133.9	7.314	2287	889.2	1398
Std Ideal Liq Vol Flow (m3/h)	0.1089	7.113e-003	2.570	1.009	1.561
Heat Flow (kJ/h)	-9.912e+005	-8.728e+004	-6.283e+006	-2.642e+006	-3.324e+006
Molar Enthalpy (kJ/kgmole)	-4.882e+005	-2.425e+005	-7.493e+005	-7.616e+005	-6.761e+005
Name	Fraccion Oleico	Recuperacion Oleico	Palmitico Puro	Mezcla Residual	Acido Oleico 1
Vapour Fraction	0.0000	0.0000	0.0000	0.8410	0.0000
Temperature (C)	186.7	201.1	164.2	164.2	183.0
Pressure (kPa)	0.2666	0.2666	0.2666	0.2666	0.2666
Molar Flow (kgmole/h)	4.848	6.870e-002	3.434	3.470e-002	3.371
Mass Flow (kg/h)	1363	35.00	880.6	8.588	952.2
Std Ideal Liq Vol Flow (m3/h)	1.523	3.815e-002	0.9899	9.789e-003	1.066
Heat Flow (kJ/h)	-3.258e+006	-6.484e+004	-2.620e+006	-2.152e+004	-2.306e+006
Molar Enthalpy (kJ/kgmole)	-6.721e+005	-9.438e+005	-7.630e+005	-6.203e+005	-6.841e+005
Name	Recuperacion Estearico	Oleico2	Mezcla Residual 1	Estearico Puro	Mezcla Residual2
Vapour Fraction	0.0869	0.3535	0.1407	0.0000	0.0000
Temperature (C)	183.0	188.6	181.5	181.5	188.6
Pressure (kPa)	0.2666	0.2666	0.2666	0.2666	0.2666
Molar Flow (kgmole/h)	1.477	3.405e-002	1.099	0.3773	3.465e-002
Mass Flow (kg/h)	410.4	9.618	303.1	107.3	25.39
Std Ideal Liq Vol Flow (m3/h)	0.4571	1.077e-002	0.3354	0.1217	2.738e-002
Heat Flow (kJ/h)	-9.522e+005	-2.206e+004	-6.404e+005	-3.117e+005	-4.278e+004
Molar Enthalpy (kJ/kgmole)	-6.448e+005	-6.479e+005	-5.825e+005	-8.262e+005	-1.235e+006
Name	Oleico Puro	Qrx	Q1	Q2	Q3
Vapour Fraction	0.0000	---	---	---	---
Temperature (C)	183.5	---	---	---	---
Pressure (kPa)	0.2666	---	---	---	---
Molar Flow (kgmole/h)	3.405	---	---	---	---
Mass Flow (kg/h)	961.8	---	---	---	---
Std Ideal Liq Vol Flow (m3/h)	1.077	---	---	---	---
Heat Flow (kJ/h)	-2.328e+006	-2.129e+006	-1.260e+006	-4.035e+005	9.051e+005
Molar Enthalpy (kJ/kgmole)	-6.838e+005	---	---	---	---

 Centro de Transferencia Tecnológica Universidad Industrial de Santander Escuela de Ingeniería Química Oficina 201	Case Name: C:\DOCUMENTS AND SETTINGS\USER\ESCRITORIO\DEFINITIVO.HS				
	Unit Set: SI				
	Date/Time: Sat Oct 25 19:59:37 2008				
Workbook: Case (Main) (continued)					
Streams (continued)					
Fluid Pkg: All					
Name	Qflash2	Qflash1	E2	E1	E4
Vapour Fraction	---	---	---	---	---
Temperature (C)	---	---	---	---	---
Pressure (kPa)	---	---	---	---	---
Molar Flow (kgmole/h)	---	---	---	---	---
Mass Flow (kg/h)	---	---	---	---	---
Std Ideal Liq Vol Flow (m3/h)	---	---	---	---	---
Heat Flow (kJ/h)	2.648e+004	1.987e+005	2.307e+007	2.275e+007	9.151e+005
Molar Enthalpy (kJ/kgmole)	---	---	---	---	---
Name	E3				
Vapour Fraction	---				
Temperature (C)	---				
Pressure (kPa)	---				
Molar Flow (kgmole/h)	---				
Mass Flow (kg/h)	---				
Std Ideal Liq Vol Flow (m3/h)	---				
Heat Flow (kJ/h)	9.143e+005				
Molar Enthalpy (kJ/kgmole)	---				
Workbook: TORRE2 (COL2)					
Compositions					
Fluid Pkg: All					
Name	Reflux @COL2	To Condenser @COL2	Boilup @COL2	To Reboiler @COL2	4 @COL2
Comp Mole Frac (trioleina*)	0.0000	0.0000	0.0001	0.0016	0.0000
Comp Mole Frac (tripalmitina*)	0.0000	0.0000	0.0002	0.0017	0.0000
Comp Mole Frac (H2O)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Comp Mole Frac (1C16oicAcid)	0.0452	0.0452	0.0008	0.0008	0.0452
Comp Mole Frac (LinoleicAcid)	0.1816	0.1816	0.0917	0.0913	0.1816
Comp Mole Frac (StearicAcid)	0.0778	0.0778	0.0892	0.0890	0.0778
Comp Mole Frac (acido laurico*)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Comp Mole Frac (acido miristico*)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Comp Mole Frac (Glycerol)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Comp Mole Frac (OleicAcid)	0.6954	0.6954	0.8180	0.8155	0.6954
Name	5 @COL2	3 @COL2			
Comp Mole Frac (trioleina*)	0.2007	0.0028			
Comp Mole Frac (tripalmitina*)	0.2007	0.0028			
Comp Mole Frac (H2O)	0.0000	0.0000			
Comp Mole Frac (1C16oicAcid)	0.0002	0.0446			
Comp Mole Frac (LinoleicAcid)	0.0468	0.1797			
Comp Mole Frac (StearicAcid)	0.0559	0.0775			
Comp Mole Frac (acido laurico*)	0.0000	0.0000			
Comp Mole Frac (acido miristico*)	0.0000	0.0000			
Comp Mole Frac (Glycerol)	0.0000	0.0000			
Comp Mole Frac (OleicAcid)	0.4956	0.6926			
Workbook: TORRE2 (COL2)					
Material Streams					
Fluid Pkg: All					
Name	Reflux @COL2	To Condenser @COL2	Boilup @COL2	To Reboiler @COL2	4 @COL2
Vapour Fraction	0.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0.0000
Temperature (C)	186.7	187.4	201.1	188.3	186.7
Pressure (kPa)	0.2666	0.2666	0.2666	0.2666	0.2666
Molar Flow (kgmole/h)	4.848	9.695	8.950	9.019	4.848
Mass Flow (kg/h)	1363	2725	2529	2564	1363
Liquid Volume Flow (m3/h)	1.523	3.046	2.830	2.868	1.523
Heat Flow (kJ/h)	-3.258e+006	-5.602e+006	-5.185e+006	-6.165e+006	-3.258e+006
Hyprotech Ltd.		HYSYS v3.2 (Build 5029)		Page 2 of 4	
Licensed to: TEAM LND					



Centro de Transferencia Tecnologica
 Universidad Industrial de Santander
 Escuela de Ingenieria Quimica
 Oficina 201

Case Name: C:\DOCUMENTS AND SETTINGS\USER\ESCRITORIO\DEFINITIVO.HS

Unit Set: SI

Date/Time: Sat Oct 25 19:59:37 2008

Workbook: TORRE2 (COL2) (continued)

Material Streams (continued)

Fluid Pkg: All

Name	5 @COL2	3 @COL2			
Vapour Fraction	0.0000	0.0000			
Temperature (C)	201.1	186.8			
Pressure (kPa)	0.2666	0.2666			
Molar Flow (kgmole/h)	6.870e-002	4.916			
Mass Flow (kg/h)	35.00	1398			
Liquid Volume Flow (m3/h)	3.815e-002	1.561			
Heat Flow (kJ/h)	-6.484e+004	-3.324e+006			

Compositions

Fluid Pkg: All

Name	Reflux @COL2	To Condenser @COL2	Boilup @COL2	To Reboiler @COL2	4 @COL2
Comp Mole Frac (trioleina*)	0.0000	0.0000	0.0001	0.0016	0.0000
Comp Mole Frac (tripalmitina*)	0.0000	0.0000	0.0002	0.0017	0.0000
Comp Mole Frac (H2O)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Comp Mole Frac (1C16oicAcid)	0.0452	0.0452	0.0008	0.0008	0.0452
Comp Mole Frac (LinoleicAcid)	0.1816	0.1816	0.0917	0.0913	0.1816
Comp Mole Frac (StearicAcid)	0.0778	0.0778	0.0892	0.0890	0.0778
Comp Mole Frac (acido laurico*)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Comp Mole Frac (acido miristico*)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Comp Mole Frac (Glycerol)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Comp Mole Frac (OleicAcid)	0.6954	0.6954	0.8180	0.8155	0.6954

Name	5 @COL2	3 @COL2			
Comp Mole Frac (trioleina*)	0.2007	0.0028			
Comp Mole Frac (tripalmitina*)	0.2007	0.0028			
Comp Mole Frac (H2O)	0.0000	0.0000			
Comp Mole Frac (1C16oicAcid)	0.0002	0.0446			
Comp Mole Frac (LinoleicAcid)	0.0468	0.1797			
Comp Mole Frac (StearicAcid)	0.0559	0.0775			
Comp Mole Frac (acido laurico*)	0.0000	0.0000			
Comp Mole Frac (acido miristico*)	0.0000	0.0000			
Comp Mole Frac (Glycerol)	0.0000	0.0000			
Comp Mole Frac (OleicAcid)	0.4956	0.6926			

Energy Streams

Fluid Pkg: All

Name	E3 @COL2	E4 @COL2			
Heat Flow (kJ/h)	9.143e+005	9.151e+005			

Workbook: Case (Main)

Unit Ops

Operation Name	Operation Type	Feeds	Products	Ignored	Calc. Level
E-100	Cooler	Aceite de Palma	Aceite Caliente Q1	No	500.0
E-101	Cooler	Agua	Vapor de Agua Q2	No	500.0
E-102	Cooler	Mezcla de Acidos Grasos	A Separador Ideal Q3	No	500.0
CRV-100	Conversion Reactor	Aceite Caliente Vapor de Agua Qrx	Mezcla de Acidos Grasos nula Qrx	No	500.0
Separador Ideal	Component Splitter	A Separador Ideal	Agua-Glicerina Mezcla final Acidos Grasos	No	500.0
Fraccionador	Component Splitter	Fraccion Palmitico	Palmitico Puro Mezcla Residual	No	500.0
Fraccionador III's	Component Splitter	Fraccion Oleico	Acido Oleico 1 Recuperacion Estearico	No	500.0
Fraccionador III	Component Splitter	Recuperacion Estearico	Estearico Puro	No	500.0

Hyprotech Ltd

HYSYS v3.2 (Build 5029)

Page 3 of 4

Licensed to: TEAM LND



Grupo de Transferencia Tecnológica
 Universidad Industrial de Santander
 Escuela de Ingeniería Química
 Oficina 201

Case Name: G:\COMPLETO TORRES AUGUSTO.25.HSC

Unit Set: SI

Date/Time: Tue Oct 21 19:17:31 2008

Workbook: Case (Main) (continued)

Unit Ops (continued)

Operation Name	Operation Type	Feeds	Products	Ignored	Calc. Level
Fraccionador II	Component Splitter		Mezcla Residual2	No	500.0
V-101	Separator	GLICERINA 55% Qflash2	GLICERINA 65% Mezcla Agua 2 Qflash2	No	500.0
V-100	Separator	Agua-Glicerina Qflash1	GLICERINA 55% Mezcla Agua 1 Qflash1	No	500.0
TORRE1	Distillation	Mezcla final Acidos Grasos E2	Mezcla a Torre2 Fraccion Palmitico E1	No	2500
TORRE2	Distillation	Mezcla a Torre2 E4	Recuperacion Oleico Fraccion Oleico E3	No	2500
MIX-100	Mixer	Acido Oleico 1 Oleico2	Oleico Puro	No	500.0

ANEXO J. DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS PRINCIPALES.

Tabla J1. Características de los equipos principales de la planta

EQUIPO	NOMBRE	DIAMETRO (m)	ALTURA (m)	VOLUMEN (m ³)	ESPECIFICACIONES
Intercambiador	E-100	0.3	1.789	0.10	Flujo: 15.28 m ³ /h
Intercambiador	E-101	0.3	1.789	0.10	Flujo: 0.9076 m ³ /h
Intercambiador	E-102	0.3	1.789	0.10	Flujo: 16.68 m ³ /h
Reactor	CRV-100	2.419	3.629	16.68	Tipo: Conversión Conversión : 99% Temperatura: 260°C
Flash	V-100	0.4572	2.515	0.4128	Flujo: 1.064 m ³ /h
Flash	V-101	0.4572	2.515	0.4128	Flujo: 0.705 m ³ /h
Separador	Separador Ideal	-	-	-	Flujo: 16.68 m ³ /h Presión : 1000 kPa Temperatura: 120°C
Torre de Destilación	TORRE 1	1.5	6.05	2.0	Núm. Platos: 10 Acero Inoxidable
Torre de Destilación	TORRE 2	1.5	4.4	2.0	Núm. Platos: 7 Acero Inoxidable
Mezclador	MIX-100	-	-	-	Flujo: 6.542 m ³ /h Presión: 0.266 kPa

Tabla J2. Dimensionamiento Tanques de Almacenamiento por producto

<i>Corriente</i>	<i>Flujo Volumétrico (m³/h)</i>	<i>Volumen para Almacenar 15 días (m³)</i>	<i>Diámetro (m)</i>	<i>Altura (m)</i>
Aceite de Palma	109.994	1649.91	11	18
Agua	6.5304	97.956	5.3	9
Acido Palmítico	43.248	648.72	12.9	10
Acido Oleico	47.064	705.96	13.5	10
Acido Esteárico	5.3232	79.848	4.6	10
Glicerina	4.7616	71.424	4.8	8

ANEXO K. COSTO DE LOS EQUIPOS PRINCIPALES

Equipo	Nombre	Costo US \$	Costo \$
Intercambiador	E-100	\$ 25.536	\$ 58.834.944
Intercambiador	E-101	\$ 8.000	\$ 18.432.000
Intercambiador	E-102	\$ 26.250	\$ 60.480.000
Reactor	CRV-100	\$ 162.500	\$ 374.400.000
Flash	V-100	\$ 7.000	\$ 16.128.000
Flash	V-101	\$ 7.070	\$ 16.289.280
Separador	Separador Ideal	\$ 12.100	\$ 27.878.400
Torre de Destilación	TORRE 1	\$ 272.913	\$ 628.791.552
Torre de Destilación	TORRE 2	\$ 301.088	\$ 693.706.752
Tanques Almacena		\$ 590.400	\$ 1.360.281.600
	TOTAL	\$ 1.412.857	\$ 3.255.222.528

Fuente: www.matche.com ; OTERO Ivonne, SUAREZ Pilar et. al. Director, Paola Acevedo. BASE DE DATOS. Escuela de Ingeniería Química. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 2008

DETALLES CAPITAL DE INVERSION FIJO
CAPITAL FIJO: INVERSION DIRECTA+INVERSION INDIRECTA
US \$ = 2.062.771 + 423.857 = 2.486.628
\$ = 4.752.624.891 + 976.566.758 = 5.729.191.649

ANEXO L. DETALLES DE LA INVERSION DIRECTA E INDIRECTA

INVERSION DIRECTA	% Costo Total de los Equipos *	\$ US	\$
Valor Compra Equipo Fundamental	-	\$ 1.412.857	\$ 3.255.222.528
Instalación Equipo Fundamental	9	\$ 127.157	\$ 292.970.028
Instrumentación y Control	4	\$ 56.514	\$ 130.208.901
Tuberías	8	\$ 113.029	\$ 260.417.802
Eléctricos	5	\$ 70.643	\$ 162.761.126
Construcciones	5	\$ 70.643	\$ 162.761.126
Adecuación de Terrenos	2	\$ 28.257	\$ 65.104.451
Instalación para Suministro de Servicios	12	\$ 169.543	\$ 390.626.703
Terrenos	1	\$ 14.129	\$ 32.552.225
TOTAL		\$ 2.062.771	\$ 4.752.624.891

* Los porcentajes para el capital de inversión fijo se tomaron de la tabla de costos estimados para plantas multipropósito según Peters & Timmerhaus.

INVERSION INDIRECTA	% Costo Total de los Equipos *	\$ US	\$
Ingeniería y Supervisión	10	\$ 141.286	\$ 325.522.253
Gastos Temporales de Construcción	6	\$ 84.771	\$ 195.313.352
Honorarios de Contratistas	4	\$ 56.514	\$ 130.208.901
Imprevistos	10	\$ 141.286	\$ 325.522.253
TOTAL		\$ 423.857	\$ 976.566.758

ANEXO M. DETALLES COSTO DE PRODUCCIÓN

TOTAL DE COSTOS FIJOS

COSTO MANO DE OBRA

	Cantidad	Salario	Prestaciones	Mensual	Año
Gerente	1	4500000	\$ 2.055.600	\$ 6.555.600	\$ 78.667.200
Secretaria de Gerencia	1	820000	\$ 374.576	\$ 1.194.576	\$ 14.334.912
Jefe Financiero	1	2500000	\$ 1.142.000	\$ 3.642.000	\$ 43.704.000
Auxiliar Contable	1	900000	\$ 411.120	\$ 1.311.120	\$ 15.733.440
Secretaria	1	800000	\$ 365.440	\$ 1.165.440	\$ 13.985.280
Recepcionista	1	461500	\$ 210.813	\$ 672.313	\$ 8.067.756
Mensajero	1	461500	\$ 210.813	\$ 672.313	\$ 8.067.756
Ingenieros de Proceso	2	1800000	\$ 1.644.480	\$ 5.244.480	\$ 62.933.760
Operadores Planta	14	600000	\$ 3.837.120	\$ 12.237.120	\$ 146.845.440

TOTAL MANO DE OBRA DIRECTA

\$ 392.339.544

	Cantidad	Salario	Prestaciones	Mensual	Año
Director Departamento Producción	1	3000000	\$ 197.337.600	\$ 4.370.400	\$ 52.444.800
Secretaria Departamento	1	800000	\$ 365.440	\$ 1.165.440	\$ 13.985.280
Técnicos de Mantenimiento	5	550000	\$ 1.256.200	\$ 4.006.200	\$ 48.074.400
Operarios de Almacenamiento	3	500000	\$ 685.200	\$ 2.185.200	\$ 26.222.400
Ingeniero Químico	1	2500000	\$ 1.142.000	\$ 3.642.000	\$ 43.704.000
Operarios de Control de Calidad	3	600000	\$ 822.240	\$ 2.622.240	\$ 31.466.880
Personal de Seguridad	5	570000	\$ 1.301.880	\$ 4.151.880	\$ 49.822.560

TOTAL MANO DE OBRA INDIRECTA

\$ 265.720.320

COSTOS DE MANTENIMIENTO

En la industria, el costo de mantenimiento y reparaciones anual de la planta se considera en promedio aproximadamente del 6 al 7% del capital fijo de inversión. Así, el costo de mantenimiento anual estimado fue de 401.043.415 pesos.

TOTAL DE COSTOS VARIABLES

COSTOS UNITARIOS DE MATERIA PRIMA

MATERIAS PRIMAS	UNIDAD	COSTO \$/UNID	UNID /AÑO	TOTAL \$/AÑO
ACEITE DE PALMA	Ton	\$ 2.111.667	16840.8	\$ 2.370.621,125

COSTO DE SERVICIOS

El costo Unitario de servicio se considero como un % de la inversión Fija⁸

SERVICIO	% IF
Generación de Vapor	3.0
Distribución de Vapor	1.0
Abastecimiento de agua, refrigeración y bombeo	1.8
Tratamiento de Agua	1.3
Distribución de Agua	1.0
Subestación eléctrica	1.3
Distribución Eléctrica	1.1
Suministro de gas y su distribución	0.3
Compresión de Aire y su distribución	1.8
Distribución de la Refrigeración	1.0

⁸ PETERS, Max and TIMMERHAUS Klaus. Plant Design and Economics for Chemical Engineers. McGraw-Hill 1990.

Eliminación de Residuos	1.6
Comunicaciones	0.2
Almacenamiento de Materias Primas	1.3
Almacenamiento del Producto	1.5
Sistema protección Anti-fuego	0.5
Instalaciones de Seguridad	0.4
TOTAL	19 %

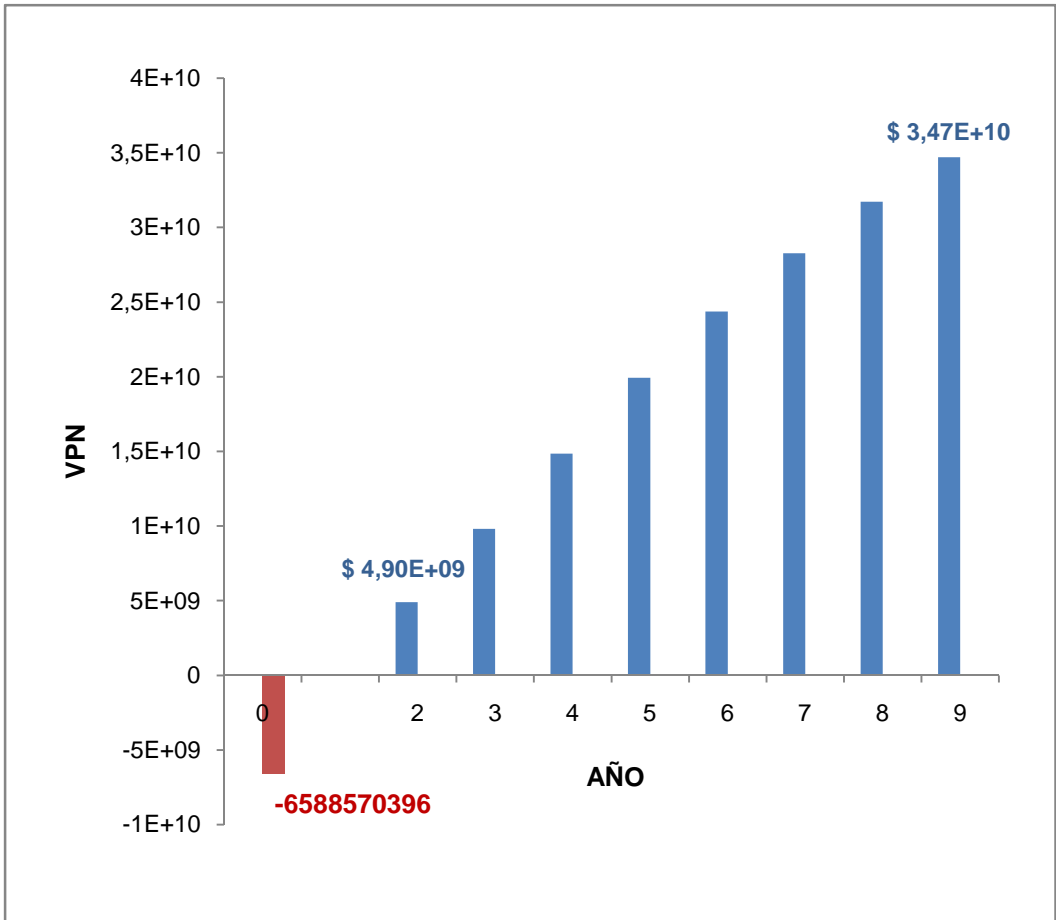
El costo Unitario de servicio anual se estimo en 36.284 pesos

ANEXO N. FLUJO NETO DE CAJA

Concepto/Año	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Ingresos por Ventas	73.991.159.307	88.732.411.713	107.585.283.208,7	129.192.849.542
Costo Unitario de Materias Primas	2.764.883,331	2.986.073,997	3.224.959,917	3.482.956,71
Costo total de Producción	61.893.221.071	74.214.093.107	89.847.675.922	1,07658E+11
Utilidad antes de Impuestos	12.097.938.235	14.518.318.607	17.737.607.287	21.534.966.954
Impuestos	4.118.636.602	4.965.769.732	6.092.520.770	7.421.596.653
Utilidad real después de Impuestos	7.960.098.135	9.534.096.021	11.627.365.061	14.096.359.458
Depreciación	330.405.086,6	660.810.173,2	991.215.259,8	132.162.0346
UTILIDAD NETA	4.900.440.859	9.817.938.331	14.859.002.141	19.930.956.255

Concepto/Año	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9
Ingresos por Ventas	139.528.277.505,6	150.690.539.706	162.745.782.882,6	175.765.445.513
Costo Unitario de Materias Primas	3.761.593,247	4.062.520,707	4.387.522,363	4.738.524,152
Costo total de Producción	116.270.513.195,7	125.572.154.251,4	135.617.926.591,5	146.467.360.718
Utilidad antes de Impuestos	23.257.764.310	25.118.385.455	27.127.856.291	29.298.084.794
Impuestos	8.024.575.728	8.674.916.986	9.494.749.702	10.254.329.678
Utilidad real después de Impuestos	15.216.865.905	16.427.817.223	17.617.101.865	19.027.368.636
Depreciación	1.984.933.785	1.984.933.785	1.984.933.785	1.984.933.785
UTILIDAD NETA	24.377.543.514	28.268.752.397	31.714.510.977	34.704.360.799

ANEXO O. FLUJOGRAMA DE FONDOS



ANEXO P. ANALISIS DE SENSIBILIDAD

T.I.R VS AUMENTO PRECIOS MATERIA PRIMAS

Figura M1. T.I.R Vs Disminución del Precio del Aceite de Palma

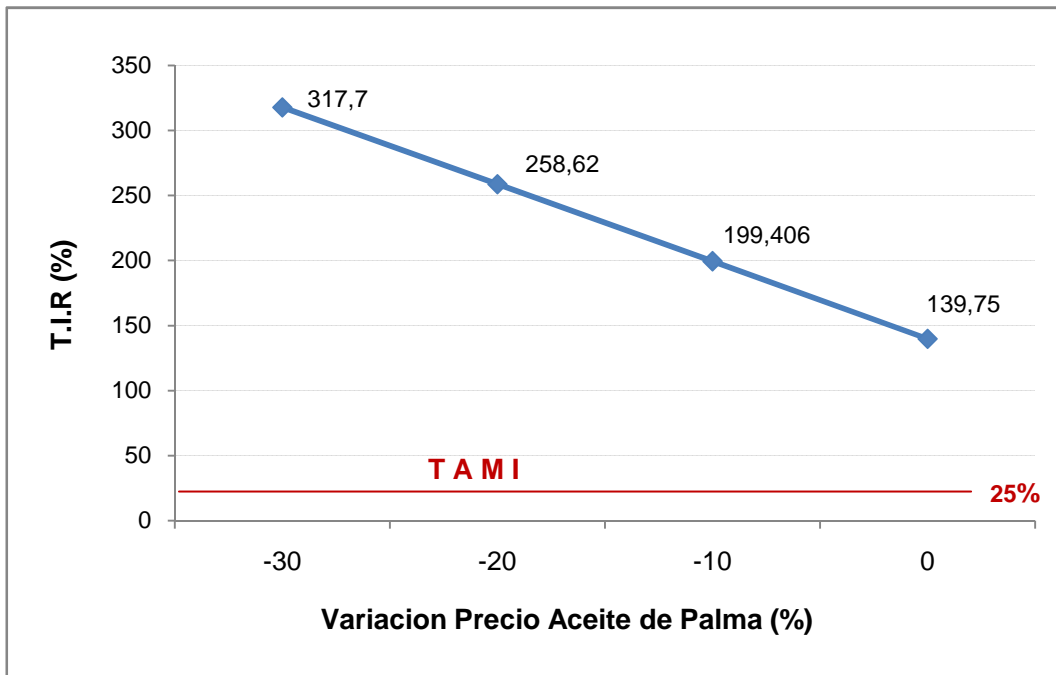
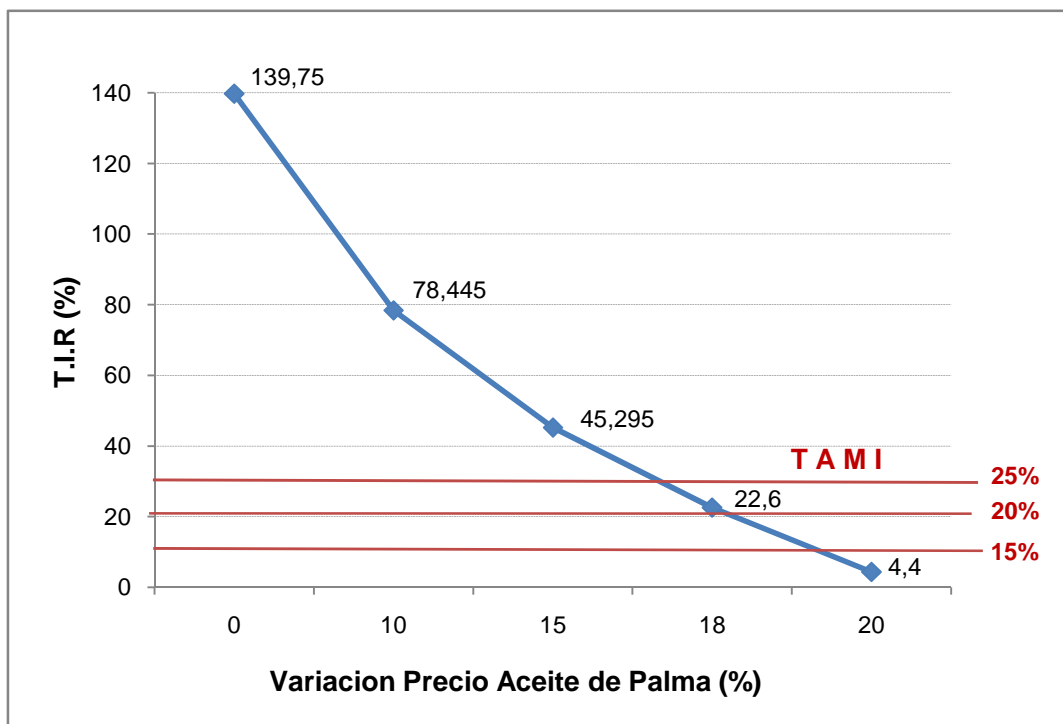


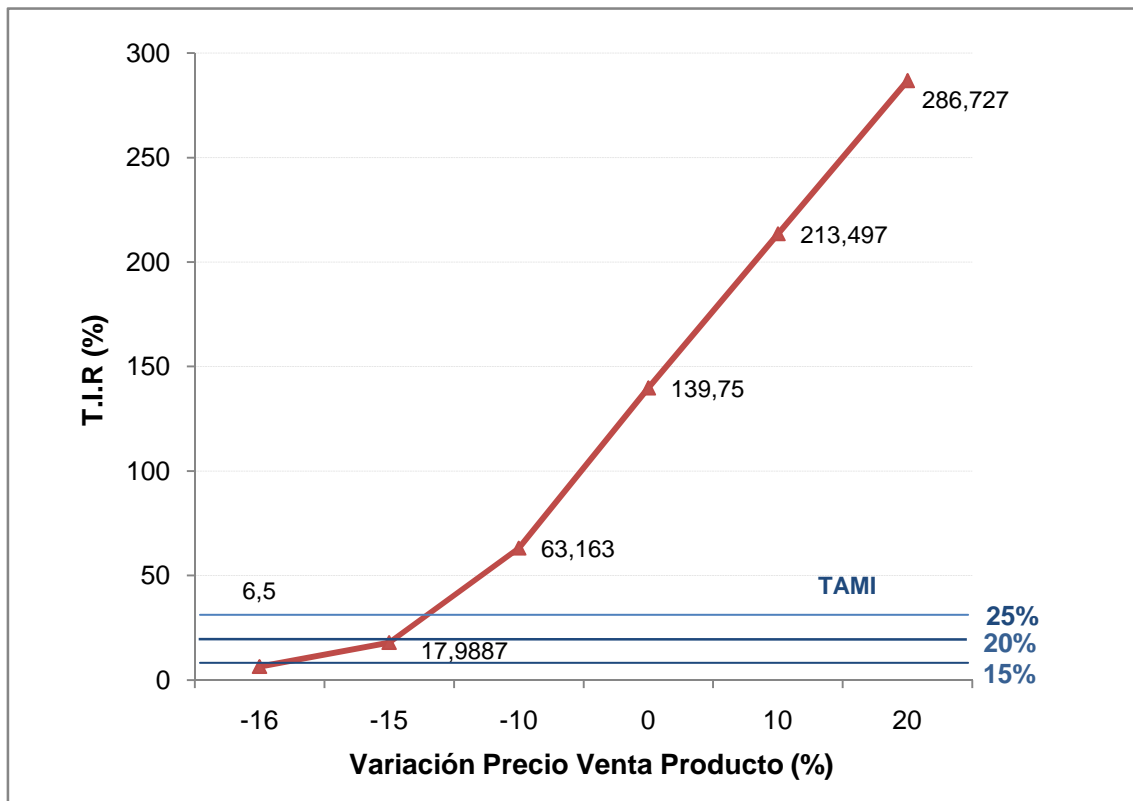
Figura M2. T.R.I Vs Aumento Precio del Aceite de Palma



De las figuras anteriores podemos concluir que la rentabilidad del proyecto presenta una relación inversa con el precio del Aceite de Palma, se observa que al aumentar los precios la tasa interna de retorno disminuye gradualmente hasta llegar a un punto donde el proyecto no se hace viable. Para hacer más amplio el análisis se consideran tres tasas de inversión mínimas (TAMI) posibles y sus resultados. Vemos en la figura M1 que para una tasa de inversión del 25%, el máximo aumento de Aceite de Palma que tolera el proyecto sin modificar otros factores como % de aumento en ingresos, inflación, entre otros; es del 15% para que este sea atractivamente viable ($TAMI < TIR$). Para la tasa del 20% el máximo aumento permitido es del 18% e igualmente para una tasa del 15 %, ya que cualquier aumento superior a este no hace económicamente viable el proyecto y conlleva al alza en los precios de los productos obtenidos para lograr alguna rentabilidad.

Caso contrario a la disminución de los precios del Aceite de Palma, ya que como se observa en la figura M2, a medida que estos disminuyen el proyecto se hace mucho más rentable y con grandes oportunidades de recuperar la inversión en un menor tiempo posible.

T.I.R VS DISMINUCIÓN PRECIOS DE VENTA ACIDOS GRASOS



Igualmente el proyecto presenta una relación directa con los precios de venta de los ácidos grasos como se observa en la figura anterior. Para efectos de análisis se mantuvieron las tres posibles tasas de inversión mínima (TAMI).

Se observa que si los precios de venta de los ácidos grasos se incrementan, el proyecto se hace mucho más rentable para cualquiera de las tasas de inversión propuestas y se podría recuperar la inversión en un menor posible.

Cuando los precios de venta disminuyen, juegan un papel muy importante las tasas de inversión mínima para decidir que tan conveniente resultaría el proyecto. En este caso, cuando los precios de venta disminuyen en un 10 % el proyecto arroja una tasa interna de retorno del 63.16%, lo cual indica que este sería económicamente atractivo para cualquiera de las tres tasas de inversión propuestas.

Cuando los precios disminuyen en un 15% la tasa interna del proyecto es del 17.98%, únicamente atractivo si se escogiera una tasa de inversión mínima del 15%. Para cualquier aumento superior a este el proyecto arroja unas tasas interna del retorno muy bajas donde no se hace atractivo económicamente ya que $TIR < TAMI$.

ANEXO Q. IMPACTO AMBIENTAL

En el modelo planteado para la obtención de ácidos grasos se puede apreciar que no existen emisiones atmosféricas en la zona de producción, sin embargo hay que tener en cuenta que pueden ocurrir emisiones ocasionales, debido a fugas o escapes dados en tuberías y equipos. Para evitar estos escapes, la planta puede implementar programas de detención y corrección de fugas.

La posibilidad de contaminación más alta la tienen las aguas de glicerina, las cuales deben ser tratadas para lograr una purificación del 40 al 50% del agua y poder recircularla al proceso y economizar gastos, evitando un mayor consumo de estas. Los vertimientos de aguas glicerosas en ríos o vertientes pueden ocasionar la muerte de animales, por eso deben tener un tratamiento adecuado.

También se puede afirmar que los residuos sólidos generados en el proceso son nulos, debido a que la materia prima comprada y los insumos necesarios para la producción están libres de impurezas sólidas.

ANEXO R. DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA⁹

La planta debe tener zonas bien definidas en su infraestructura y departamentos específicos en la organización del personal para garantizar el buen desempeño y operación del proyecto.

INFRAESTRUCTURA

Las áreas mínimas de funcionamiento que deben integrar la planta son:

Producción: En esta área se encuentra toda la maquinaria y equipos necesarios para la transformación de la materia prima.

Mantenimiento: En esta área se encuentra el personal y las herramientas necesarias para realizar el mantenimiento correctivo y preventivo de los equipos de la planta.

Control de Calidad: En esta sección se realizan todos los procedimientos necesarios para garantizar la calidad del producto, por lo tanto cuenta con laboratorios de pruebas para materia prima y productos.

Recepción de Materia Prima: En esta zona se descarga la materia prima.

Almacenamiento de Materia Prima: En esta zona se almacena la materia prima en condiciones tales que permitan su adecuada conservación y manejo.

Almacenamiento de Producto Terminado: En esta zona se almacena los productos terminados en condiciones tales que permitan su adecuada conservación y manejo.

⁹ LEAL, Saúl. OJEDA, Alejandra. Estudio de Pre-Factibilidad para el montaje de una planta de Alcoholes Grasos a partir del Aceite de Palma. 2004

Área Administrativa: En esta zona quedan las oficinas administrativas y generalmente se sugiere que sea un solo edificio.

El área total requerida para la instalación de la planta se sugiere de manera general a partir del espacio requerido para la zona de producción, determinada con el área total que ocupan los equipos y el espaciamiento necesario para la ubicación de los mismos.

Para cada equipo se asigna el área correspondiente a un cuadrado dejando una separación de 1,5 m entre cada equipo y se asigna un factor de 3 para el área de circulación, tuberías y oficinas.

El área total calculada para la zona de producción es 11.890 m². Al valor del área de la zona de producción se asigna un factor de 1,85 para el cálculo del área total de la planta.

El área total requerida para la instalación de la planta es 22.000 m².

En la Figura R2 se muestra la distribución de las aéreas mencionadas.

PERSONAL

Según el tamaño de la planta y los equipos instalados, se puede hacer un cálculo global de las necesidades de personal que garantice el adecuado funcionamiento de la planta, asignando cargos que cubran las operaciones de cada departamento. Los departamentos mínimos requeridos en el esquema organizacional se mencionan a continuación y se muestran en la figura R1.

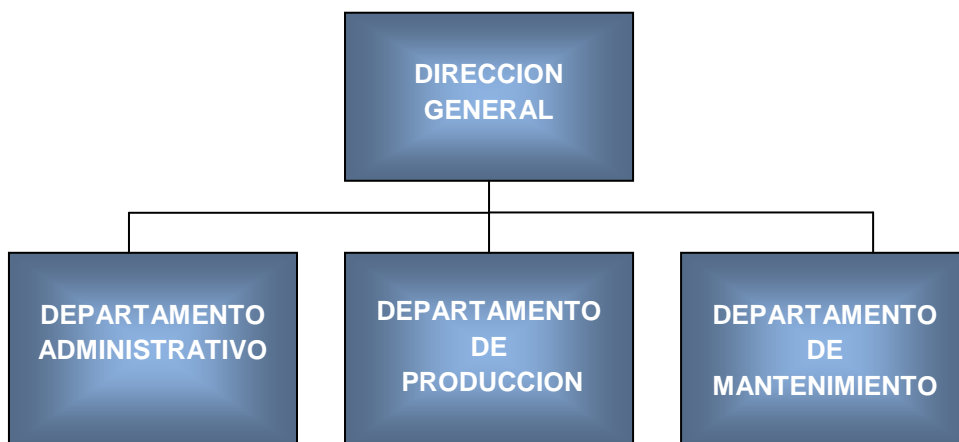
Dirección General: Está compuesta por el presidente, director o gerente general más las personas que lo respaldan.

Departamento de Producción: El personal de este departamento se encarga de los procesos de transformación de materia prima. Comprende las unidades de Ingeniería de Procesos, Mantenimiento, Materiales y Servicios, Control de Calidad y Seguridad Industrial.

Departamento Administrativo: Encargado de identificar, medir, registrar y distribuir la información económica, la previsión de gastos e ingresos y las inversiones que posibiliten el crecimiento de la empresa. Esta conformado por Contabilidad General, Presupuesto, Inversiones y secretarías.

Departamento de Mantenimiento: Corresponde al resto del personal necesario para el buen funcionamiento de la empresa.

Figura R1. Esquema Organizacional para la Planta de Ácidos Grasos



Grafica R2. Distribución de la planta de producción de Ácidos Grasos

