

**DISEÑO DE UN PLAN DE CONTROL QUE MEJORE LOS NÍVELES DE
CALIDAD DEL ACEITE DE PALMA PRODUCIDO EN LA REFINADORA C.I.
FAMAR S.A. PARA LA OBTENCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLE.**

**ANGÉLICA DE JESÚS ACEVEDO GARCÍA
BLANCA MILENA MIRANDA TOLEDO**

**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTA MARTA
2009**

**DISEÑO DE UN PLAN DE CONTROL QUE MEJORE LOS NÍVELES DE
CALIDAD DEL ACEITE DE PALMA PRODUCIDO EN LA REFINADORA C.I.
FAMAR S.A. PARA LA OBTENCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLE.**

**ANGÉLICA DE JESÚS ACEVEDO GARCÍA
BLANCA MILENA MIRANDA TOLEDO**

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Industrial

**DIRECTOR
HUGO MERCADO
INGENIERO INDUSTRIAL**

**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTA MARTA
2009**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Presidente del jurado

Firma de jurado

Firma de jurado

Santa Marta, ____ de _____ del 2009

AGRADECIMENTOS

Te agradezco Padre celestial, por el don maravilloso de la vida, gracias por permitirme culminar esta gran etapa de mi vida.

A mis amados padres, por su apoyo, confianza, amor, gracias por colocar su granito de arena.

Gracias Tía Tere por compartir parte de ti durante estos seis años de arduo empeño.

Migue, gracias por ser esa personita que me brinda su apoyo en todos los momentos, gracias por tus consejos.

Mile, amiga, compañera y colega, gracias por tu sincera amistad, gracias por el esfuerzo y esmero que colocaste para que este sueño se volviera realidad.

Herly, amiga también eres parte de este sueño alcanzado, porque aún en la distancia estas con nosotras, te quiero mucho amiga.

Hermanito, gracias por llegar a mi vida en el preciso momento y convertirte en parte fundamental de mi vida.

A mis familiares y amigos, les agradezco por su confianza, por esa voz de aliento que me convenció que nunca hay que dejar a un lado los sueños.

Mamorshote, gracias por estar conmigo a pesar de los obstáculos, gracias por llenar con tu amor, mis días grises de hermosos y radiantes colores.

Angélica Acevedo García

Agradezco a Dios por darme esa fuerza, sabiduría e inteligencia, para realizar este proyecto y culminar esta carrera, Señor te amo demasiado, gracias por todo lo que me has dado.

Padres no tengo palabras para agradecerles esto que han hecho por mí, esta carrera marca el futuro de mi vida, les doy gracias por permitirme ser una profesional, por darme todo el apoyo y ese amor incondicional, gracias por confiar en mí. Los amo.

Hermanitas gracias por compartir conmigo todos estos años de estudio, entenderme y apoyar a su hermanita consentida a salir adelante, gracias por todos esos consejos que me dieron y por aguantar mi apoderamiento del computador.

Primo, lo prometido es deuda, gracias por toda tu colaboración en el desarrollo de este proyecto, estoy segura que si no hubiera sido por ti este tesis no la hubiese terminado en estos momentos, gracias por tu apoyo. Te quiero mucho

Angie, Herly y primis, gracias por esta valiosa amistad y luchar conmigo este sueño.

Agradezco a mis familiares, amigos y compañeros, por su confianza y por acompañarme durante todos estos años.

Blanca Miranda Toledo

DEDICATORÍA

Mi Dios, gracias por manifestarme a diario tu maravilloso e inmenso amor, este triunfo hace parte de todas esas cosas bellas que le brindas a la niña de tus ojos, te dedico este laurel por darme siempre lo mejor, por ser la fortaleza que me mantiene en pie, por ayudarme a diario a vencer los obstáculos y adversidades.

Mami, este triunfo también es para ti, por ser la mejor madre del mundo, por tu amor, por apoyarme siempre y brindarme lo mejor de ti, por cada uno de los esfuerzos y sacrificios que haces para ver siempre triunfante a tu retoño. Te amo.

Papi, te dedico este triunfo, sencillamente por ser mi padre, por tu compañía, porque siempre has estado al lado de tus dos mujeres, mi madre y yo tu niña, gracias papi por tu apoyo. Te amo.

Dedico este triunfo a uno de los regalos más bello que mi Padre Dios me ha dado, mi consentido hermoso, DANIEL ELÍAS mi sobrinito.

Angélica Acevedo García

Este triunfo se lo dedico a Dios por darme las fuerzas, porque fueron bastantes, para desarrollar este proyecto y culminar mi carrera profesional, por todo el amor que me ha brindado y darme el aliento para despertar cada día.

A mis padres por todo el amor que me han brindado y que les tengo, por todos esos esfuerzos para formarme como persona y como profesional, porque ustedes han direccionado mi vida.

Como olvidar a esas personitas que siempre me han motivado a salir adelante, el centro de mi familia, mis queridos sobrinos “hijitos”, ustedes me hacen que cada día haya un nuevo sueño en mi, los quiero mucho.

Por supuesto también me dedico mi tesis y mi carrera, por todos esos sacrificios y noches en vela que pase para poder culminarla, por esa dedicación y bellos momentos que nunca olvidaré que me motivaron a alcanzar esta meta.

Blanca Miranda Toledo

DISEÑO DE UN PLAN DE CONTROL QUE MEJORE LOS NÍVELES DE CALIDAD DEL ACEITE DE PALMA PRODUCIDO EN LA REFINADORA C.I. FAMAR S.A. PARA LA OBTENCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLE.

RESUMEN

El presente estudio consistió en determinar la importancia que tienen cada una de las variables con sus respectivos análisis, en el proceso de refinación del aceite de palma africana utilizado para la producción de Biocombustible, cada análisis es de vital importancia para la obtención de un aceite de excelente calidad, que es el que compran las productoras de la nueva fuente de energía limpia, los Biocombustibles.

Los participantes fueron la Refinadora C.I FAMAR S.A. y la Planta de Biocombustible Odín Energy Santa Marta Corp. S.A. Las variables de calidad estudiadas fueron: Acidez, DOBI, Humedad, Impurezas, Valor Peróxido, Punto de Fusión, Color e Índice de Yodo.

Los resultados indican, que la Refinadora tiene una planta completa de alto nivel tecnológico, a cada variable mencionada anteriormente, le realizan sus respectivos análisis, con el fin de conseguir resultados confiables.

A pesar que la refinadora ha cumplido con los despachos de Estearina y por ende con la calidad exigida, en el proceso de refinación en eventuales ocasiones se han presentado inconvenientes para cumplir con lo requerido. Estos impases han sido porque después de todo el proceso de refinación la estearina sale con una acidez mayor a 0,10% o con impurezas mayores a 0,00%, ocasionando con esto un

reprocesamiento de la Estearina, lo cual genera demoras, costos adicionales hasta la pérdida de la venta.

Al término de esta investigación, es notoria la importancia de los análisis de las variables de calidad debido a que el proceso de refinación es dependiente de cada variable para alcanzar la calidad que exige el cliente al momento del despacho del producto terminado.

Actualmente C.I FAMAR S.A. maneja una programación general para la realización de los diferentes análisis de calidad a la Oleína y Estearina, estos análisis son realizados cada dos horas y en ocasiones cada tres horas.

Es recomendable que la Refinadora C.I. FAMAR S.A ejecute un programa individual de los análisis de calidad para la Estearina que le proveen a Odín para la producción de Biocombustible, puesto que es el cliente quien estipula las especificaciones de calidad para la Estearina que necesitan.

Realizar análisis en lapsos de tiempos más cortos aproximadamente de 30 hasta 60 minutos, ayudará a mejorar los niveles de calidad de la Estearina, ya que se puede controlar y corregir a tiempo cualquier incidente que se presente a lo largo del proceso, a demás se asegura que la calidad del producto final sea la establecida por el cliente.

Palabras claves; calidad, aceite de palma, estearina, refinación, variables de calidad, biocombustible, análisis.

**DESIGN OF A CONTROL MODEL TO IMPROVE QUALITY LEVELS OF PALM
OIL PRODUCED IN THE REFINADORA CI FAMAR SA BIOFUEL FOR
OBTAINING**

ABSTRACT

The present study was to determine the importance of each of the variables with their analysis, in the refining process of palm oil used for biofuel production, every analysis is vital for obtaining an oil of excellent quality, which is what the producers buy the new source of clean energy, biofuels.

The participants were the refiner C.I. FAMAR S.A Biofuel Plant and Odin Energy Santa Marta SA Corp Quality variables studied were: acidity, dobi, humidity, impurities, peroxide value, melting point, color and Iodine.

The results indicate that the refiner has a whole floor of high-technology, each variable mentioned above will make their analysis, in order to get reliable results.

Although C.I. FAMAR S.A has fulfilled the offices of stearin and hence with the quality required in the refining process at times there have been any inconvenience to meet the requirements. These impasses have been because after all the refining process leaves stearin with an acidity greater than 0.10% or greater than 0.00% impurities, leading to this reprocessing of stearin, which leads to delays, additional costs to the loss of the sale.

Following this research, it is obvious the importance of analyzing quality variables because the refining process is dependent on each variable to achieve the quality demanded by the customer at time of release of the finished product.

Famar currently handles general planning for the implementation of different quality to the analysis of Olein and stearin, these tests are done every two hours and sometimes every three hours.

It is recommended that the refiner C.I. FAMAR SA run an individual program quality analysis for the stearin that provide Odin for biofuel production, since it is the client who provides quality specifications for the stearin they need.

Perform analysis in shorter time spans of approximately 30 to 60 minutes, will help improve the quality levels of stearin, since you can control and correct in time any incident that is present throughout the process, besides ensuring that the quality of the final product is established by the client.

Keywords: quality, palm oil, stearin, refined, variable quality, biofuel, analysis.

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	14
TABLA DE GRÁFICOS.....	15
TABLA DE FIGURAS.....	16
1. PRESENTACIÓN	17
1.1. TITULO DE LA INVESTIGACIÓN	17
1.2. INTRODUCCIÓN	17
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
3. MARCO REFERENCIAL.....	23
3.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	23
3.2. MARCO TEÓRICO.....	29
3.2.1. CULTIVO Y COSECHA.....	30
3.2.2. PROCESO DE EXTRACCIÓN.....	32
3.2.3. PROCESO DE REFINACIÓN	35
3.2.4. PROPIEDADES FISICO - QUIMÍCAS DEL ACEITE DE PALMA.....	36
3.2.5. PROCESOS AGROINDUSTRIALES	37
3.3. MARCO CONCEPTUAL	39
3.4. MARCO LEGAL	43
3.5. HIPÓTESIS	44
4. JUSTIFICACIÓN	46
5. OBJETIVOS	49
5.1. OBJETIVO GENERAL	49
5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	49
6. DISEÑO METODOLÓGICO SEGÚN LA NATURALEZA DE LA INVESTIGACIÓN	50

6.1. FUENTES Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	51
6.2. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE ESTUDIO.....	52
6.3. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	53
7. LIMITACIONES.....	54
8. DESARROLLO DEL PROYECTO.....	55
8.1. CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE LA REFINADORA.....	55
8.2. PROCESAMIENTO DEL ACEITE EN LAS REFINADORAS.....	56
8.3. ANÁLISIS DE CALIDAD Y SU IMPORTANCIA.....	59
8.3.1. ANÁLISIS DOBI.....	59
8.3.2. ANÁLISIS DE ACIDEZ.....	61
8.3.3. ANÁLISIS DE HUMEDAD.....	64
8.3.4. ANÁLISIS DE IMPUREZAS.....	65
8.3.5. COLOR.....	66
8.3.6. VALOR PERÓXIDO.....	68
8.3.7. PUNTO DE FUSIÓN.....	70
8.3.8. ANÁLISIS ORGANOLÉPTICOS.....	72
8.3.9. ÍNDICE DE YODO.....	72
8.4. PROMEDIOS DE CALIDAD DE CADA UNA DE LAS VARIABLES PARA LA ESTEARINA PRODUCIDA POR C.I FAMAR S.A.....	75
8.5. VARIABLES CRÍTICAS.....	83
8.6. PROVEEDORES DE ACEITE CRUDO.....	84
9. RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	85
10. PRESUPUESTO.....	92
11. BIBLIOGRAFÍA.....	93
12. ANEXOS.....	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Propiedades Físico – Químicas del Aceite de Palma.....	33
Tabla 2: Cronograma de actividades.....	49
Tabla 3: Valores DOBI.....	57
Tabla 4: Sustancias que deben emplearse en la determinación de la acidez...	58
Tabla 5: Cantidad de muestra e índice de yodo.....	66
Tabla 6: Calidad de estearina del mes de septiembre.	68
Tabla 7: Especificaciones de calidad exigidas por Odín.....	76
Tabla 8: Proveedores de aceite crudo de C.I. FAMAR S.A.....	78
Tabla 9: Recomendaciones en calidad no deseada.....	80
Tabla 10: Presupuesto del Proyecto.....	84

TABLA DE GRÁFICOS

Gráfica 1: Promedio porcentual semanal de la acidez durante el mes de Septiembre.....	70
Gráfica 2: Promedio porcentual semanal del valor de peróxido durante el mes de Septiembre.....	71
Gráfica 3: Promedio porcentual semanal de la humedad durante el mes de Septiembre.....	72
Gráfica 4: Promedio porcentual semanal del color durante el mes de Septiembre.....	73
Gráfica 5: Promedio porcentual semanal impurezas durante el mes de Septiembre.....	74
Gráfica 6: Promedio porcentual semanal del punto de fusión durante el mes de Septiembre.	75
Gráfica 7: Promedio porcentual semanal del índice de yodo durante el mes de Septiembre.	76

TABLA DE FIGURAS

Figura 1: Diseño didáctico del proceso de Refinación.....	54
--	----

1. PRESENTACIÓN

1.1. TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

DISEÑO DE UN PLAN DE CONTROL QUE MEJORE LOS NÍVELES DE CALIDAD DEL ACEITE DE PALMA PRODUCIDO EN LAS REFINADORAS DEL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA PARA LA OBTENCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLE.

1.2. INTRODUCCIÓN

Entre 1990 y 2002 Colombia ocupó el cuarto lugar como productor de aceite de palma, a considerable distancia de los dos grandes productores mundiales: Malasia e Indonesia. Para aceite de palma y de palmiste, la tasa de crecimiento anual de este período fue respectivamente de 6,3% y 7%, que junto con las de otros importantes productores mundiales como Malasia (6,2 % y 5,4 %), Indonesia (10,2% y 10%), y Tailandia (8,9% y 8,3%), muestran una dinámica de expansión positiva.¹

En la actualidad el Gobierno colombiano continúa incentivando el cultivo y la producción del aceite de palma africana por medio del programa MIDAS²; igualmente se está promoviendo la investigación y la innovación en ésta temática por medio de Cenipalma creada por el gremio palmicultor Fedepalma en 1991³. Estos entes reconocen la importancia y el futuro del aceite de palma, pues como

¹ Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2001) La Cadena de Oleaginosas, Aceites y Grasas en Colombia. Observatorio Agrocadenas.

² Programa Midas "Más Inversión para el Desarrollo Alternativo Sostenible". Coordinado por USAID y ACCION SOCIAL. De la pagina web: <http://www.midas.org.co/>

³ FEDEPALMA. Pagina web: <http://www.fedepalma.org/cenipalma.htm>

dicen investigadores de la Universidad del Valle: “Después del aceite de soya, el aceite proveniente de la palma africana es preferido por la población mundial. De acuerdo con los comentarios científicos la diferencia en producción lo hace más rentable, ya que mientras la soya produce quinientos kilos de aceite por hectárea, la palma produce cinco mil.

Las posibilidades de mercadeo de este producto van en aumento y más ahora cuando está entrando a China, según Pedro León Gómez, Director del Centro de Investigaciones en Palma de Aceite, CENIPALMA, de Colombia.

El cultivo de palma de aceite en el país ha tenido un importante desarrollo. En el 2005 Colombia contó aproximadamente con unas 150.000 hectáreas cultivadas y la producción de aceite de palma crudo ascendió a 460.000 toneladas anuales. Las principales zonas cultivadoras en el Norte son Magdalena y Cesar; en el Centro, Santander Y Norte de Santander; en el occidente, Nariño y Valle del Cauca y en el Oriente, Meta, Casanare, Cundinamarca y Caquetá”⁴

Como se mencionó, la rentabilidad del aceite de palma hace que sea el preferido, y esta preferencia es aun más notable en el uso de biocombustibles, que por sus características físicas y químicas el aceite de palma es más predominante que el extraído de otros vegetales o animales para este uso; sin embargo este aceite como cualquier otro tiene que cumplir unos mínimos parámetros de calidad establecidos para el proceso de refinación por ICONTEC⁵ para poder mantenerse activo en el mercado, estas variables de calidad son % de ACIDEZ, COLOR, PUNTO DE FUSIÓN, VALOR PERÓXIDO, % de IMPUREZAS, % de HUMEDAD y DETERIORO DE BLANQUEABILIDAD DOBI, y asimismo el biocombustible debe llenar los requisitos encontrados en la norma técnica colombiana 5444 para el uso de biocombustibles como combustibles, es por esto que la calidad del aceite debe

⁴ EN COLOMBIA, "ORO VERDE". Universidad del Valle. De la pagina web: <http://aupec.univalle.edu.co/informes/mayo98/ceni.html>

⁵ DESCRIPCIÓN GLOBAL DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE PALMA AFRICANA. De la pagina web: http://www.tecnologiaslimpias.org/html/central/311501/311501_glob.htm

ser la adecuada, de tal manera que garantice la rentabilidad de este, su funcionamiento sea efectivo y se cumpla con la norma nacional.

El incumplimiento de los estándares de calidad hacen que el precio de venta del aceite crudo de palma varíe, otorgando bonificaciones o castigos según sea el caso. De tal forma, valores bajos en estos parámetros generan valores altos de bonificación sobre el precio base; valores altos en dichos parámetros, acarrear castigos sobre el precio base del mismo.

En otras palabras:

Precio final aceite = Precio base + Bonificación (aceite de buena calidad)

Precio final aceite = Precio base – Castigo (aceite de mala calidad).⁶

Es entonces, como se ve afectada la competitividad del aceite de palma, donde su precio se vuelve vulnerable a los estándares establecidos por ICONTEC. Los procesos y tiempos de cosecha, extracción y refinación son fundamentales para controlar estas variables. Sin embargo, para la venta de este aceite a productoras de biocombustibles, la refinación debe filtrar todas aquellas no conformidades que se pudieron presentar a lo largo del proceso, asegurando la calidad del aceite y la compra del mismo a un buen precio.

Debido a que el cultivo de la palma africana tiene gran rendimiento, de hecho es 10 veces más rentable que el de la soja⁷, teniendo en cuenta las oleaginosas; su aceite se ha convertido en uno de los predilectos para la producción de los biocombustibles, y la escases del petróleo coloca en los biocombustibles la supervivencia de las industrias, por tal razón es necesario asegurar la calidad de este tan apetecido fluido.

⁶PROBLEMÁTICA DE LA ACIDEZ DEL ACEITE DE PALMA – ASPECTOS ECONOMICOS. De la pagina web: <http://www.gratisweb.com/palmaceite/acidezaceite.htm>

⁷ ACEITE DE PALMA, USOS Y ORIGENES. Amigos de la Tierra. De la página: http://www.tierra.org/spip/IMG/pdf/Aceite_de_Palma.pdf

Esta investigación va enfocada al estudio de cada uno de los subprocesos de la refinación que influyan en las variaciones de la calidad (% de acidez, % de impurezas, % de humedad, V. peróxido, color y deterioro de blanqueabilidad DOBI) o rendimiento del aceite para este uso. De tal manera que se pueda desarrollar un sistema de control de calidad del aceite de palma para su uso como biocombustible, que mejore los niveles de competitividad y rentabilidad en las refinadoras del departamento del Magdalena.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El control de las variables de calidad del aceite de palma, es un aspecto fundamental para asegurar la rentabilidad de las empresas palmeras; aunque estas variables se traten de controlar durante su cosecha, extracción y refinación, esporádicamente se obtienen resultados pocos favorables para la comercialización del aceite, puesto que éste se rige bajo unos parámetros de calidad que algunas veces no se cumplen, sea por sus altos porcentajes de acidez, impurezas, humedad y/o nivel bajo de DOBI. Repercutiendo en una pérdida económica para la empresa.

La acidez, es uno de los requerimientos de calidad más difíciles de controlar durante la extracción, y es un factor clave para disminuir las pérdidas en el proceso de transesterificación en la producción de biocombustibles, pues el tener altos niveles de acidez obliga a las empresas a utilizar procesos adicionales para que garanticen el rendimiento como combustible⁸; es precisamente por esto, que esta variable se vuelve determinante en la calidad del aceite, pues mientras la humedad, las impurezas y el DOBI se pueden manejar y mejorar a lo largo de la extracción y refinación, la acidez no se puede manejar tan fácilmente. ¿Será que el aceite producido por las empresas palmeras del Magdalena sí cumple con los requisitos necesarios para ser utilizado en biocombustible? ¿A las empresas de biocombustible de Santa Marta se les hará necesario utilizar proveedores distintos a los del departamento, porque éstos no son capaces de satisfacer su demanda en cantidad y calidad?

Al momento no se conoce una cifra que muestre el costo de oportunidad en que han incurrido las empresas palmeras magdalenenses al no reaccionar

⁸ Biodiesel - Refinación física de aceites. C. Gil S.A. De la página web: http://www.cgil.es/biodiesel/refinacion_fisica.php

asertivamente o al no controlar debidamente las variables que se presentan durante el proceso, que coayudan al sistema para obtener el aceite deseado. Es así, como los niveles de competitividad de estas empresas pueden ir decayendo, considerándose una situación crítica ahora que el aceite de palma está buscando nuevos usos en Colombia como lo es el de biocombustible, que ha tenido un gran auge en el país y ha sido apoyado notoriamente por el Gobierno, pues el descenso, escases del petróleo y los entes de sanidad ambiental obligaron a la búsqueda de nuevas alternativas generadoras de combustible que garantizarán la inocuidad del medio y la misma producción de energía que la de un combustible fósil. ¿Podrá el aceite de palma producido en el departamento manejar niveles de calidad que no solo optimicen sus propios niveles de competitividad sino también el de las generadoras de biocombustible?

Existe la incertidumbre del cumplimiento o no de las empresas refinadoras de aceite de palma con los estándares de calidad establecidos para su uso como biocombustible, realmente este es un dato determinante para que la empresas de la región evalúen su competitividad, y es que *lo que no se mide no se controla*, entonces ¿cómo se sabrá si se está despachando aceite defectuoso al cliente y cuál es su proporción?, pues, si la palmeras se olvidan de este interrogante llegarán de otras regiones quienes si se preocupen por los requerimientos del cliente, y sacarán del mercado tan virgen de biocombustible a las empresas del departamento. ¿Qué tipo de inconvenientes se presentan en la producción del aceite de palma utilizado para la obtención de Biocombustible?

Ahora, ¿Cómo se puede mejorar el sistema de control de calidad de la refinación de C.I.FAMAR S.A. para disminuir, si es posible eliminar, las causas que acarrear el no cumplimiento de los estándares mínimos de calidad del aceite de palma africana para biocombustible y/o los costos ociosos que se presenten en su producción?.

3. MARCO REFERENCIAL

3.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Desde inicios del siglo pasado la comercialización del etanol tuvo varios intentos fallidos, por causa de los bajos precios del petróleo, los altos precios del maíz, el costo que implicaba el transporte y almacenamiento del Etanol, las guerras mundiales y otros factores que influyeron en su desarrollo.

El primer motor diseñado para usar aceites vegetales como combustible fue el motor diesel fabricado por Rudolf Diesel, hace más de cien años. En 1908, Henry Ford pensaba usar como combustible el etanol en su automóvil Modelo T. La Standard Oil Company de 1920 a 1924, comercializó en Estados Unidos una mezcla de 25% de etanol en la gasolina. Posteriormente, Ford con diversos expertos en la década de los treinta, ambicionaron recuperar la comercialización del etanol, construyendo una planta para su producción.

Pero no todo fue fracaso, los países empezaron a tener crisis con el combustible fósil, debido al incremento en los costos por las altas demandas y conflictos de los países donde se extrae. El hecho que puso en alerta al mundo fue la guerra árabe-israelí, en octubre de 1973, que generó la escasez de petróleo y puso en peligro el suministro de este. Brasil fue uno de los primeros países en reaccionar con el proyecto Proalcohol, cuya meta era la sustitución total de los combustibles de origen fósil por medio del etanol proveniente de la caña de azúcar. Poco a poco se iniciaron proyectos alrededor del mundo similares a los de Brasil.

A finales de 1979, se inició en EUA la mezcla de gasolina y etanol con el fin de reducir el octanaje y el porcentaje de combustible fósil. De igual forma, en 1985 Europa planeaba sustituir el 25% del combustible fósil por Etanol, propuesta que

no tubo acogida debido a problemas de costo y rentabilidad. A pesar de esto, en Europa existen hoy en día propuestas para fomentar el uso de etanol y biodiesel, donde su meta es alcanzar el 15 % del consumo de combustible. También el gobierno Colombiano, preocupado por las emisiones de hidrocarburos y de monóxido de carbono a la atmósfera, el desarrollo industrial, la generación de empleo agrícola, el mejoramiento de los combustibles y la autosuficiencia energética del país, fomentó el desarrollo del biocombustible por medio de diferentes leyes y reformas. Las siguientes son algunas de ellas; se inició con la Ley 693 del 19 de septiembre de 2001, la cual establece límites de tiempo para los lineamientos técnicos y ambientales en el uso del Etanol. También determina la posibilidad de participación de personas privadas en la producción, distribución y comercialización de biocombustible. Además, se impulsó por medio de una reforma tributaria, Ley 788 de 2002, la exoneración del pago del IVA, del impuesto global y de la sobretasa al porcentaje de alcohol carburante que se mezcle con la gasolina.

Mediante la expedición de la resolución 447 de 2003, modificada por la resolución 1565 de 2004, se establecieron los requisitos técnicos y ambientales de los alcoholes carburantes a distribuir en el país a partir del año 2005. La Resolución 18-0687 del 2003, modificada a través de la resolución 18-1069 de 2005, donde se realiza una regulación técnica de la producción, acopio, distribución y puntos de mezcla. Además, la resolución 18-1088 del 2005, donde se regula el precio por galón para el alcohol carburante.

En estos momentos Colombia enfrenta una difícil situación en el campo petrolero por la disminución de las reservas y la ausencia de nuevos hallazgos del mineral. Ante esta situación, el biodiesel se presenta como una de las mejores opciones para frenar la difícil situación que enfrenta Ecopetrol a la hora de producir combustibles.

Según Fedepalma, federación que vela por la calidad de la producción de biocombustible a partir del aceite de palma, la difícil situación que presenta Ecopetrol en la actualidad se debe a tres aspectos fundamentalmente: La “utilización plena de la capacidad nacional para producir combustible diesel, también conocido como ACPM”, la “disminución de las reservas probadas de hidrocarburos pertenecientes a la nación” y “el alto contenido de azufre del diesel, el cual supera ampliamente los niveles establecidos internacionalmente”.

En este panorama, la demanda del ACPM ha incrementado considerablemente hasta el punto de desplazar el uso de la gasolina en transportes de pasajeros y de carga. Por este motivo, se hace necesario encontrar alternativas eficientes como el biodiesel, puesto que es un biocombustible ambiental fácil de obtener.

A pesar de que para producir biodiesel todas las grasas animales y vegetales pueden utilizarse como materia prima, en Colombia el material más utilizado para su elaboración es el aceite de palma.

Jens Mesa – Dishington, presidente ejecutivo de Fedepalma, en el documento Biodiesel de palma, una realidad para Colombia, expone que en el Programa Nacional de Biocombustible en Colombia, según la Ley 939 de 2004, se especifica que el uso de biocombustible para Colombia con la fórmula B5 (cinco por ciento de biodiesel con 95 por ciento de gasolina) es obligatoria desde enero de 2008.

Así mismo, se establece que la materia prima predominante en Colombia es el aceite de palma y que la capacidad instalada para la producción en 2007 se registró en 321.000 toneladas por año, es decir, 97.2 millones de galones por año. Para este 2008 se proyecta instalar una capacidad de 721.000 toneladas por año, 218.5 millones de galones por año. También se aclara que el incentivo tributario

para los productores de biodiesel es la exención de algunos impuestos nacionales e internacionales.⁹

Dos países en el nivel internacional se destacan por producir biodiesel a partir de aceites vegetales: España y Uruguay.

En España, por ejemplo, defienden el uso del biodiesel como biocombustible cuando se hace a partir de aceites vegetales, siempre que el proceso sea el correcto y se cumpla con los requisitos de purificación. Todos estos procesos se diferencian porque la calidad de algunos aceites de cocina es mejor que la de otros, pues algunos motores son más sensibles al biodiesel, al igual que las bombas de inyección y los sistemas electrónicos.

No obstante, ambos países llegan a la conclusión de que este es un mercado próspero y que la producción del combustible a partir del aceite de cocina usado, además de tener un alto impacto ambiental, es una experiencia innovadora, siempre y cuando se cumpla con los parámetros y requisitos establecidos¹⁰.

A continuación se citará parte de un estudio que tiene relación con el tema de este proyecto de investigación fue realizado por unos estudiantes de la Universidad Nacional De La Amazonía Peruana.

⁹ BIOCOMBUSTIBLES Y SU APLICACIÓN EN COLOMBIA. Oscar Higuera

¹⁰ EL MERCADO DE BIODIESEL EN COLOMBIA. Página web:

http://www.culturaemedellin.gov.co/sites/CulturaE/SoyEmprendedor/Noticias/Paginas/biodiesel_080119.aspx

FRACCIONAMIENTO E INTERESTERIFICACION DEL ACEITE DE PALMA (ELAEIS GUINEENSIS) CULTIVADO EN LA AMAZONIA PERUANA.

En el presente trabajo se realizó el estudio de las características físicas y químicas del fruto de la palma aceitera procedente de la cuenca del Manítí. (Región Loreto - Perú). Del mismo modo se realizó el fraccionamiento e interesterificación de las mezclas de aceite de palma y estearina en las proporciones. Sobre el aceite crudo y los productos se determinaron las propiedades físico-químicos y análisis de ácidos grasos mediante la cromatografía gaseosa. El aceite de palma presenta una concentración de ácidos grasos saturados de 51,17% y cuando fraccionado a 25 °C, este se incrementa en la estearina a 54,31%. Los mejores productos para la industria de alimentos son las mezclas interesterificadas de estearina tanto sola como con sus mezclas con aceite de palma, dado que presentan puntos de fusión próximos a 37 °C.

La palma aceitera (*Elaeis guineensis*) es una palmera originaria de los trópicos del África, cuyo fruto da un aceite de optima calidad, con alta concentración de ácidos palmítico y oleico y que con las técnicas de modificación adecuadas permite obtener una amplia variedad de productos para la industria de alimentos, entre los cuales se encuentran los aceites de cocina, mantecas, bases para margarinas, “vanaspati” (grasa vegetal sustituto de la mantequilla en la cocina) y, para la industria oleoquímica, materias primas para la fabricación de jabón, jabones metálicos, velas, y grasas lubricantes (Berger y Ong,1985; PORIM, 1988; Boza,1990). Esta palmera se encuentra actualmente siendo cultivada en las regiones de San Martín y Loreto, e incluso el estado peruano ha declarado su cultivo de interés nacional (Perú, 2000). La siembra de palma aceitera en la cuenca del Maniti (Región Loreto-Perú) se inició en el año de 1981, con la firma del convenio entre ORDELORETO (Organismo de desarrollo de Loreto) y la empresa EMDEPALMA (Empresa para el desarrollo y explotación de palma aceitera), ubicando y desarrollando los viveros y parcelas en el caserío de Santa

Cecilia. El fraccionamiento del aceite es considerado como un proceso de modificación termomecánico, donde los triglicéridos componentes del aceite son separados generalmente como una mezcla de cristalización parcial, en una fase líquida (oleína) y otra sólida (estearina) (Thomas III, 1985). Se han desarrollado diferentes métodos para el fraccionamiento de aceites, principalmente con el objetivo de modificar su textura y punto de fusión. Esta técnica permite aislar las diversas clases de triglicéridos sin cambiar la distribución de la posición de los ácidos grasos y su utilización en la industria se da en el caso de obtener sucedáneos de la manteca de cacao, obtención de aceites láuricos a partir del aceite de coco y fraccionamiento de la grasa de leche (Willis et al., 1998).

La mezcla de aceites y grasas permite obtener productos finales con características propias. Ello podría ser considerado como un método de modificación de aceites y grasas, sobre todo debido a las interacciones que tienen lugar entre los triglicéridos que promueven alteraciones en las propiedades físicas de los productos oleosos (Smalwood, 1989; Birker y Padley, 1987). La interesterificación es un proceso que modifica la distribución natural de los ácidos grasos en las moléculas de los triglicéridos.

La composición de los ácidos grasos permanece idéntica a la grasa o mezcla original, pero las propiedades físicas, como punto de fusión, contenido de grasa sólida y forma de cristalización, son modificadas (Gioielli, 1996, Sonntang, 1982). La interesterificación puede realizarse por simple calentamiento de los aceites y grasas a temperaturas que bordean los 300 °C, pero la reacción a esta condición es lenta y normalmente acompañada de descomposición y polimerización de los triglicéridos. En la industria se utilizan catalizadores para disminuir la temperatura de la reacción. Los catalizadores más usados son los metales alcalinos y sus derivados, siendo el metóxido de sodio el más empleado, debido a sus ventajas de

costo, manipulación y temperatura de reacción, que puede ser reducida al rango de 30-90 °C (Gioielli, 1996; Hurtová et al., 1996).

El objetivo del presente trabajo fue el de realizar los análisis físicos y químicos del fruto, así como efectuar la modificación del aceite de palma mediante el fraccionamiento, mezclas e interesterificación con los frutos procedentes de la cuenca del Maniti-Región Loreto-Perú¹¹.

3.2. MARCO TEÓRICO

La palma africana llegó a la América tropical a través de los colonizadores portugueses que la utilizaban para la alimentación de los esclavos en Brasil. Su entrada en Colombia es estimada en 1932, aunque inicialmente las plantas sólo fueran utilizadas con fines decorativos.

El cultivo extensivo de la Palma Africana con fines productivos empezó en 1945 con la instalación de una plantación en el departamento del Magdalena por parte de la United Fruit Company.

También fue esta compañía la que en ese mismo año importó palmas para iniciar un vivero en la Estación Agroforestal del Pacífico (Calima, Valle), las cuales sirvieron de semilleros para extender su uso al resto del país.

¹¹ DORA GARCÍA SOTERO, JORGE SANDOVAL. **FRACCIONAMIENTO E INTERESTERIFICACION DEL ACEITE DE PALMA (ELAEIS GUINEENSIS) CULTIVADO EN LA AMAZONIA PERUANA.**

Facultad de Ingeniería Química, Iquitos-Perú. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana

En la década de los '50 y '60, el fomento del cultivo de palma fue una de las medidas gubernamentales dentro de las políticas de sustitución de importaciones, debido a la coyuntura de alza en la demanda de aceites vegetales y materias grasas que registraba el mercado interno y el descenso de las reservas internacionales.

En 1962 fue creada en Colombia la Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite (FEDEPALMA). Desde entonces, el cultivo ha crecido regularmente: 18.000 ha en 1960, 130.000 en 1995 y una estimación de cerca de 200.000 al día de hoy¹².

La cadena de producción del aceite de palma está compuesta por una serie de procesos, los cuales son:

- Cultivo y Cosecha.
- Proceso de extracción.
- Proceso de refinación.

A continuación se describen cada uno de los procesos en mención.

3.2.1. CULTIVO Y COSECHA

La palma de aceite es un cultivo permanente de tardío y largo rendimiento, ya que la vida productiva puede durar más de 50 años, pero cuando se le cultiva con fines comerciales su vida promedio es de 25 años. Después de esa edad la altura de los tallos (13 metros o más) dificulta el corte de los frutos. Las plantas crecen en promedio de 30 a 60 cm por año, dependiendo de las condiciones del medio en

¹² EL CULTIVO DE PALMA AFRICANA EN EL CHOCO. Página web:
<http://www.hrev.org/media/documentos/cultivopalmachoco.pdf>

que se desarrolle el cultivo y de las características genéticas del material plantado¹³.

Los factores más importantes que determinan el rendimiento de las plantaciones son la calidad del suelo, la disponibilidad de agua y el clima. Los mejores suelos son los volcánicos y arcillas aluviales y marinas, de zonas bajas (por debajo de 500 metros sobre el nivel del mar), de buena permeabilidad y bien drenados. Requieren de precipitaciones de 2.000 mm o más, distribuidos a lo largo del año, esto es, sin estaciones secas muy pronunciadas; clima cálido de temperatura media máxima del orden de 29°C a 33°C y mínima de 22°C a 24°C; luz solar constante entre cinco y siete horas diarias durante todo el año¹⁴.

Este es un cultivo de largo plazo, de los cuales los tres primeros años de edad las plantas son improductivas y requieren de un manejo agronómico y control de las malezas. La palma de aceite comienza a dar fruto a los 30 meses después de su plantación y alcanza su producción máxima entre el octavo y décimo año de su vida. En estos años la asistencia técnica debe ser permanente, oportuna y capaz de anticipar y prevenir cualquier problema fisiológico de las palmas. A partir del décimo año y hasta el final de su etapa económicamente productiva, los cuidados de las plantaciones serán los mismos, pero cambiarán las periodicidades y los programas fitosanitarios por la ocurrencia de enfermedades propias de las palmas seniles. La calidad de la semilla es un factor importante en el cultivo de la palma de aceite, por ser una explotación perenne, por lo tanto, la semilla certificada es una condición para garantizar óptimos rendimientos. Los palmicultores colombianos pueden comprar semillas tanto en el mercado externo como en el nacional, dependiendo de sus preferencias. A nivel internacional, en Malasia,

¹³ Fernando Bernal Niño, El cultivo de la palma de aceite y su beneficio. Guía general para el nuevo palmicultor, Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite, Fedepalma, y Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma, Bogotá, D.C., agosto, 2001, pp. 20-21.

¹⁴ Geoffrey J. Q. Bastin, Aceites vegetales y semillas oleaginosas: Guía del comerciante, Centro de Comercio Internacional UNCTAD/GATT, Ginebra, Suiza, 1990, pp.4-6.

Nueva Guinea, Costa de Marfil, Costa Rica, y otras regiones del África. En Colombia producen semillas el Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, y la Hacienda Las Flores en Codazzi (Cesar)¹⁵.

La recolección es el factor económico y cualitativo más importante en la obtención de los racimos de frutos, pues influye tanto en la tasa de extracción del aceite como en el nivel de ácido graso libre. Los racimos deben ser cosechados tan pronto como maduren, es decir cuando haya caído al suelo un fruto por cada libra de racimo, y llevados a la planta de beneficio, preferiblemente, el mismo día de su corte, para evitar que aumente el contenido de ácidos grasos libres del aceite dentro de los frutos, ya que influye en la calidad del aceite que se produce. Esto exige que en las plantaciones, o cerca de ellas haya plantas extractoras de aceite e implica una organización de tipo agroindustrial.

3.2.2. PROCESO DE EXTRACCIÓN

- ✓ **Recepción del fruto:** Está conformado por las tolvas de recepción de racimos de fruta fresca, son el primer equipo que se encuentra en las extractoras de aceite de palma africana. Sirve para entregar la fruta en las canastas ó góndolas para su esterilización, control y evaluación de la

¹⁵ Las semillas comerciales son:

- ✓ **Papua:** Producida en la estación Dami en Papua Nueva Guinea. Se adapta a regiones con deficiencia de magnesio.
- ✓ **ASD:** Producida en Costa Rica. Es para suelos profundos, bien drenados y zonas con déficit hídrico anual de 100 mm.
- ✓ **IRHO:** Producida por el instituto francés (*Institut de Recherches por Huiles et Oleagineux*) encargado de la investigación de oleaginosas. El material proviene de Costa de Marfil, sirve para zonas secas y tolera la pudrición vascular.
- ✓ **Dami Las Flores DxP:** Producidas por Murgas & Lowe. Es el mismo material de *Dami Papua* pero con progenies desarrolladas en la Hacienda Las Flores, adaptadas a las condiciones de la región.
- ✓ **ICA:** Producida en la estación del Mira en Tumaco. Produce material *Ténera* mejorado y adaptado a las condiciones del país.

calidad del fruto recibido y a la vez para almacenar y tener listas la fruta para su utilización posterior.

- ✓ **Esterilización:** Es la segunda etapa del proceso en la cual los racimos sufren una transformación. El correcto esterilizado de los racimos es fundamental para las etapas posteriores del proceso y en gran medida la Tasa de Extracción de aceite (TEA) depende de esta etapa.

Los objetivos de la esterilización son:

- Inactivar la enzima lipasa, responsable de la hidrólisis del aceite en ácidos grasos y glicerol (Desacelera la acidificación del fruto).
- Secar el punto de unión de la fruta y el raquis para facilitar la separación en el desfrutado.
- Ablanda el mesocarpio para permitir el rompimiento de las celdas que contienen el aceite, durante la digestión y el prensado.
- Reduce el tamaño de la almendra dentro de la nuez lo que facilita su desprendimiento de la cáscara en el momento del rompimiento.
- Coagula las proteínas y el material mucilaginoso para evitar la formación de emulsiones que impiden el clarificado del aceite.

Las condiciones necesarias para la esterilización son:

- Presión de vapor de 45 PSI
 - Temperatura del vapor de 140 °C.
- ✓ **Desfrutamiento:** Es la sección en que el fruto después de cocido es desprendido del raquis mecánicamente mediante desgranadoras rotativas,

para permitir su procesamiento posterior. La sección consta de dos elevadores puente grúas de volteo, dos alimentadores de racimos y dos desgranadoras.

- ✓ **Digestión:** Los digestores son cilindros compuestos por un eje vertical rotativo con brazos agitadores cuya función es:

La fruta es maxilada ó macerada y calentada separándola del mesocarpio y rompiendo las celdas que contienen el aceite, preparándola para el paso siguiente que es el prensado. Es esencial mantener el digestor lo más lleno posible, no solo para asegurar el máximo tiempo si no la mejor maxilación adicionados con un sistema de inyección directa de vapor ó camisas para mantener una temperatura de 90 a 95°C., para la eliminación del cemento péptico con un tiempo aproximado de 20 a 30 min. Dependiendo del tamaño del digestor.

- ✓ **Prensado:** Sección donde se extrae mecánicamente el aceite contenido en el mesocarpio. El objetivo de esta etapa es romper, mediante calor y presión mecánicamente las celdas que contienen el aceite del mesocarpio. La presión aplicada debe ser tal que se extraiga la mayor cantidad de aceite y se minimice la rotura de nueces y almendras.

- ✓ **Desfibrado:** Está compuesto por el sinfín rompedor de torta la cual es un transportador de paletas que se ha diseñado especialmente para lograr una separación efectiva entre las nueces y las fibras que salen de las prensas mezcladas y comprimidas.

El equipo logra esto por medio de sus paletas que actuando a gran velocidad como palas sacuden y desparraman la torta de fibras y nueces procedentes de las prensas en un trayecto largo. Separándola y preparando la fibra para su utilización posterior como combustible y las nueces para ser procesadas.

- ✓ **Clarificación:** El aceite crudo extraído del mesocarpio por prensado contiene cantidades variables de impureza de material vegetal, parte de las cuales se presentan como sólidos insolubles y partes disueltos en el agua que contiene el aceite.

Tanto el agua como las impurezas deben removerse, lo que se logra mediante la clarificación.

Está conformado por un tanque clarificador continuo de aceite y está diseñado para separar el aceite del agua y los sólidos con los cuales está mezclado, al salir del tanque de aceite crudo después del tamiz vibratorio, obrando en una forma continua. En este tanque es necesario tener una dilución adecuada para mejorar la decantación estática y una altura optima entre la salida del aceite clarificado y el lodo, para lograr un trabajo continuo y acelerado en la separación de aceite¹⁶.

3.2.3. PROCESO DE REFINACIÓN¹⁷

El aceite tiene naturalmente algunos ácidos grasos libres, cuya cantidad puede aumentar por los tratamientos a que es sometido durante su extracción. También contiene sustancias que le dan olores y sabores desagradables. Todos estos compuestos deben ser eliminados por refinación.

Los ácidos libres se neutralizan agregando la proporción necesarias de soda cáustica a 60°C.

¹⁶Palma Monterrey. Página Web:<http://www.palmasmonterrey.com/images/EXTRACCION.htm>

¹⁷ GRASAS, ACEITES Y JABONES. Ignacio Rodríguez Quintana. Sitio web: <http://www.monografias.com/trabajos/grasas/grasas.shtml>

Para eliminar las sustancias que lo colorean se usan diversos agentes blanqueadores, como tierras adsorbentes o carbón activado, los cuales se mantienen en contacto con el aceite por medio de agitadores.

Después de decolorarlo, se lo desodoriza en tanques donde se hace el vacío (a 1mm de Hg). Se calienta el aceite y se le inyecta vapor de agua a 300°C. Los compuestos volátiles que le dan mal olor son arrastrados por el vapor. Finalmente, se lo lleva a tanque de almacenamiento.

3.2.4. PROPIEDADES FISICO - QUÍMICAS DEL ACEITE DE PALMA

El aceite de palma se compone de alrededor de 50% de ácidos saturados (esencialmente palmítico) y 50% de ácidos grasos insaturados (ácido oleico y linoléico).

Difiere mucho de otros aceites vegetales como el de girasol o de soya, que se componen principalmente de ácidos grasos insaturados, y de los aceites de palmiste y coco, que contienen esencialmente ácidos grasos saturados.

El color rojizo característico del aceite crudo es debido a los carotenoides liposolubles (0.05 - 0.2 %), que también son responsables del contenido elevado en provitamina A del aceite de Palma. Sin embargo, en la mayor parte de los casos en que es utilizado dentro de productos comestibles, el aceite es decolorado y este proceso de refinado destruye la provitamina A.

Algunas propiedades físico-químicas del aceite de palma son mostradas en la tabla:¹⁸

¹⁸DESCRIPCIÓN GLOBAL DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE PALMA AFRICANA. De la pagina web: http://www.tecnologiaslimpias.org/html/central/311501/311501_glob.htm

Tabla 1: Propiedades Físico – Químicas del Aceite de Palma.

Densidad al 50°C	0,893 gr/ml
Índice de refracción al 60°C	1,4510
Índice de yodo	196,4 – 206
Índice de saponificación	34,2 – 58,5

Fuente: Información tomada de www.tecnologíaslimpias.org.

3.2.5. PROCESOS AGROINDUSTRIALES

El procesamiento del fruto de la palma de aceite se realiza en la planta de beneficio o planta extractora, en donde se extrae de la parte carnosa el aceite crudo de palma y de la almendra el aceite de palmiste y la torta de palmiste. Los tres productos comerciales que se obtienen de la palma oleaginosa son el aceite de palma, el aceite de palmiste y la torta de palmiste.

Al fraccionar el aceite de palma se obtienen dos productos: la oleína que es líquida y sirve para mezclar con aceites de semillas oleaginosas, y la estearina que es más sólida y sirve para producir margarinas y jabones. El aceite de palma es el segundo aceite más consumido en el mundo y se emplea como aceite de cocina, por su resistencia a altas temperatura y porque no tiene olores desagradables. También se usa en la elaboración de productos de panadería, pastelería, confitería, heladería, sopas instantáneas, salsas, diversos platos congelados y deshidratados, cremas no lácteas para mezclar con el café, y en los sustitutos de la grasa de la leche empleados para la producción de leche condensada y leche en polvo. El aceite de palmiste tiene aplicación en la industria alimenticia como aceite láurico, en particular para la preparación de productos de confitería y panadería. La torta de palmiste sirve como alimentos concentrados de animales, por su naturaleza granulosa y fibrosa con bajo nivel de lisina.

Los aceites de palma y de palmiste también tienen usos no comestibles. Se utilizan en la fabricación de jabones, detergentes bio-degradables, velas, cosméticos, grasas para moldes y equipos de fabricación de pan, grasas para la protección de tanques, tubería o similares que operan al descubierto, barro de perforación, aceite de palma epoxidado útil como plastificante y esterilizador en la industria plástica en especial para PVC, jabones metálicos para la fabricación de grasas lubricantes, secadores metálicos destinados a la producción de pintura, barnices y tintas, y ácidos para lubricar fibras en la industria textil, entre otros. A nivel mundial, las aplicaciones del aceite de palma son en un 83% para aceite de cocina, el 6.7% en la oleoquímica (ácidos, alcoholes grasos y glicerina), el 3.6% para jabón y polvo para lavar, el 3.3% margarina, el 2.8% para jabón de tocador y el 0.6% grasas¹⁹.

A continuación se mencionaran algunos conceptos sumamente útiles para el desarrollo de esta investigación.

- ¿Por qué Colombia fue uno de los principales países interesados en usar Biodiesel? A Colombia le interesa para disminuir la dependencia energética que surge de las compras de diesel que hace a otros países; porque su utilización en mezclas mejora la calidad del diesel nacional y, a su vez, su producción desarrolla el campo colombiano permitiendo trabajo a más campesinos. Adicional a ello, el biocombustible es renovable, lo que significa que no se acaba, y es una materia prima para productos de mayor valor agregado.
- ¿En Colombia con qué se produce el Biodiesel? La principal materia prima es el aceite de palma, proveniente del cultivo de la palma de aceite, que es permanente y que se da en zonas tropicales. Colombia es el quinto productor de aceite de palma en el mundo y el primero en América Latina

¹⁹ *Cooking Oil (CIC 1998)*. Tomado de Portafolio, "Los usos del aceite de palma", 27 de junio de 2001, p.2.

y su producción corresponde a un poco más del 85% del total de aceites y grasas vegetales producidos en nuestro país.

- ¿Cuándo Colombia comenzó a utilizar Biodiesel en sus vehículos? A partir de enero de 2008, los vehículos con motores diesel (buses, camiones, automóviles) utilizarán el biocombustible en una mezcla de 5% de aceite de palma y 95% de diesel.
- ¿Qué beneficios ofrece el Biocombustible al medio ambiente? Es un biocombustible renovable y biodegradable, produce emisiones menos dañinas al medio ambiente que aquellas que producen los combustibles fósiles, y contribuye a la disminución de CO₂ mitigando los efectos del cambio climático²⁰.

3.3. MARCO CONCEPTUAL

ACEITE: Grasa líquida de color verde amarillento, que se obtiene por presión de aceitunas, u de otros frutos o semillas como cacahuates, algodón, soja, etc.²¹

ACEITE DE PALMA²²: El Aceite de palma se trata de un aceite de origen vegetal obtenida del mesocarpio de la fruta de la palma *Elaeis guineensis*, este aceite es considerado como el segundo más ampliamente producido sólo superado por el aceite de soja.¹ El fruto de la palma es ligeramente rojo y este es el color que tiene el aceite embotellado sin refinar. El aceite crudo de palma es una rica fuente de vitamina A y posee cantidades de vitamina E.

²⁰ Federación de Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite (FEDEPALMA). Página Web: http://www.fedepalma.org/biodiesel_pyr.htm

²¹ DICCIONARIO DE LA LENGUA ESPAÑOLA. REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. Vigésima Primera edición.

²² Nombre dado con base en la palabra griega *elaion* que significa aceite y el de *guineensis* por provenir de la región de Guinea de donde se considera originaria. Página Web: http://es.wikipedia.org/wiki/Aceite_de_palma

La palma es originaria de África occidental, de ella ya se obtenía aceite hace 5.000 años, especialmente en la Guinea Occidental de donde pasó a América, introducida después de los viajes de Colón, y en épocas más recientes fue introducida a Asia desde América. El cultivo en Malasia es de gran importancia económica, provee la mayor cantidad de aceite de palma y sus derivados a nivel mundial, en América los mayores productores son Colombia y Ecuador.

ACIDEZ: Exceso de iones de hidrógeno en una solución acuosa, en relación a los que existen en agua pura. Se expresa con un valor en la escala del pH. Capacidad de una sustancia para liberar protones. Una solución es ácida si la concentración de hidrógeno (H) es mayor que la de iones de hidróxido (OH). Índice que mide la cantidad de ácidos grasos libres que contiene el aceite expresada en gramos.²³

BIOCOMBUSTIBLE/BIODIESEL: Es un combustible renovable utilizado generalmente en camiones, buses y tractores, pero también en otros vehículos con motores diesel. Normalmente es hecho de aceites vegetales o animales.²⁴

CALIDAD: La totalidad de las características de un producto o servicio que le confieren aptitud para satisfacer necesidades establecidas e implícitas del cliente.

CENIPALMA: La Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma, creada por Fedepalma en 1991, es responsable de la investigación y transferencia de tecnología en el sector palmero en los temas relacionados con el cultivo, la extracción y los usos del aceite de palma.²⁵

²³ Ibid 20

²⁴ Diccionario de términos Cpoyato, De la pagina: <http://www.cpoyato.com/glosarioplantas/glosarioB.htm>

²⁵ CENIPALMA. De la pagina web: www.cenipalma.org

COMBUSTIBLE: Es cualquier material capaz de liberar energía cuando se quema, y luego cambiar o transformar su estructura química. Supone la liberación de una energía de su forma potencial a una forma utilizable (por ser una reacción química, se conoce como energía química)²⁶.

CONTROL DE LA CALIDAD: El Control de la Calidad se posesiona como una estrategia para asegurar el mejoramiento continuo de la calidad. Programa para asegurar la continua satisfacción de los clientes externos e internos mediante el desarrollo permanente de la calidad del producto y sus servicios.²⁷

DESARROLLO SOSTENIBLE: El desarrollo sostenible puede ser definido como "un desarrollo que satisfaga las necesidades del presente sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras para atender sus propias necesidades". Esta definición fue empleada por primera vez en 1987 en la Comisión Mundial del Medio Ambiente de la ONU, creada en 1983. Sin embargo, el tema del medio ambiente tiene antecedentes más lejanos. En este sentido, las Naciones Unidas han sido pioneras al tratar el tema, enfocándose inicialmente en el estudio y la utilización de los recursos naturales y en la lucha porque los países en especial aquellos en desarrollo ejercieran control de sus propios recursos naturales²⁸.

DOBI: Es una propiedad que determina el grado de oxidación de un aceite debida al exceso de temperatura y oxígeno. Los aceites oxidados son difíciles de blanquear (o no son blanqueables dependiendo el estado de la oxidación), ya que

²⁶ Diccionario wiki pedía. De al pagina web: <http://es.wikipedia.org/wiki/Combustible>

²⁷ CONTROL DE CALIDAD. Monografías.

²⁸ Naciones Unidas-Centro de Información .Página Web:
http://www.cinu.org.mx/temas/des_sost.htm

los carotenos y los tocoferoles se han degradado y el aceite toma un color marrón opaco. El DOBI se define como el radio de absorbancia entre 445 nm y 268 nm.²⁹

FEDEPALMA: La Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite, Fedepalma, agrupa y representa a cultivadores y productores de aceite de palma desde su fundación en 1962 y lidera la estructura gremial y de servicios de apoyo al sector palmicultor.³⁰

HUMEDAD: La humedad es otro factor importante para el mantenimiento de los productos en postcosecha. Este factor representa el contenido de agua que tiene un producto, el cual al estar en mayor cantidad, presenta mayor respiración y en menor cantidad presenta menor transpiración.³¹

PRODUCTIVIDAD: Tradicionalmente se define a la productividad como la relación de producto-insumo y se dice que hay productividad total o parcial. La total se obtiene cuando se logra cuantificar con una sola unidad de medición todos los insumos requeridos para el proceso. La parcial, por el contrario, puede obtenerse en relación a cada insumo en particular, así se habla de productividad de la mano de obra, del capital o de las materias primas. Al disminuir la ineficiencia, la productividad aumenta. La eficiencia es el límite de la productividad. La productividad óptima, es el nivel de eficiencia para el cual fue pretendido el proceso.³²

PRODUCTO DEFECTUOSO: Se entenderá por producto defectuoso aquél que no ofrezca la seguridad que cabría legítimamente esperar, teniendo en cuenta

²⁹ DESCRIPCION DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN Y REFINACION DE ACEITE DE PALMA. De la pagina web: http://www.tecnologiaslimpias.org/html/central/311501/311501_glob.htm

³⁰ CONSEJO EMPRESARIAL COLOMBIANO PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE. Fedepalma. De la pagina web: <http://www.cecodes.org.co>

³¹ CONCEPTOS BÁSICOS DE POST-COSECHA. Disponible en la pagina web: agrytec.com/articulos-tecnicos-postcosecha/conceptos-basicos-de-postcosecha-193.html

³² "Análisis e Interpretación de la Información Financiera I", Acosta Altamirano Jaime A. E.S.C.A. Disponible en la pagina web: <http://www.gestiopolis.com>.

todas las circunstancias y, especialmente, su presentación, el uso razonablemente previsible del mismo y el momento de su puesta en circulación.³³

TRANSESTERIFICACIÓN: Es el proceso de intercambiar el grupo alcoxi de un éster por otro alcohol. Estas reacciones son frecuentemente catalizadas mediante la adición de un ácido o una base. La transesterificación es crucial para producir biodiésel a partir de los aceites vegetales o grasas animales.³⁴

VARIABLES DE CALIDAD: Todas las características que intervienen en la calidad de un producto o servicio y que determinan la satisfacción del cliente.³⁵

3.4. MARCO LEGAL

El aceite de palma debe cumplir con parámetros de calidad plenamente identificados por normas ICONTEC que compitan con la calidad del aceite Internacionalmente.

Los parámetros más importantes para la comercialización del aceite de palma son; acidez, humedad e impurezas.

De acuerdo a las normas ICONTEC³⁶:

- ICONTEC 218: La acidez no debe sobre pasar del 0,1%
- ICONTEC 287: La humedad y sustancias volátiles deben estar en menos del 0,05%

³³ Manual de calidad. Proyectos de fin de semestres.

³⁴ Transesterificación. Diccionario wikipedia

³⁵ Calidad y estadística. Disponible en la pagina web: <http://calidadbioquimica.com.ar/calidad.htm>

³⁶ DESCRIPCIÓN GLOBAL DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE PALMA AFRICANA. De la pagina web: http://www.tecnologiaslimpias.org/html/central/311501/311501_glob.htm

- ICONTEC 240: El aceite debe estar libre de impurezas sin embargo la norma establece que esta variable debe estar en menos del 0,02%, siendo el ideal 0,00%.
- ICONTEC 236: El índice de peróxido no debe estar por encima de 3,9 meq O₂ / Kg Mx
- ICONTEC 213: La variable punto de fusión debe estar entre 50 – 52°C.
- ICONTEC 564: el color se divide en amarillo (A), rojo (R), azul (B), su valor el conjunto debe ser 28 (A) / 2,8 (R) y el azul debe ser 0, ya que si se detecta este color significa que hay impurezas en el aceite.

3.5. HIPÓTESIS

La historia que ha tenido el procesamiento de aceite de palma en cuanto a su calidad, y su uso en los biocombustibles, conlleva a ciertas conjeturas provisionales que estimulan la curiosidad de los investigadores a corroborar su veracidad y diseñar un sistema de control de los niveles de calidad del aceite para uso como biocombustible. Esas conjeturas que ayudan a desarrollar el proyecto, son:

- Seguramente la calidad del aceite de la refinadora de estudio no cumple con los lineamientos de calidad exigidos por la normatividad en biocombustibles.
- Las extractoras y refinadoras de aceite de palma no tienen un buen control de los métodos y tiempos de ejecución de sus procesos para controlar eficazmente su la calidad de su producto.

- Las refinadoras del Magdalena no tienen en mira el mercado de biocombustibles, sino que su meta es simplemente producir aceite sin importarle la real satisfacción del cliente.
- Seguramente las empresas de biocombustibles del Magdalena necesitan el aprovisionamiento de las extractoras y refinadoras de otros departamentos.
- Lo más probable es que las productoras de biocombustible, tengan que adicionar procesos para normalizar y garantizar la calidad del biocombustible.

4. JUSTIFICACIÓN

La decadencia del petróleo se ha convertido en un problema para las industrias, no solo por su alto precio sino por colocar en duda el mantenimiento de éstas en el mercado, por ello, que las industrias y los consumidores se han preocupado por una nueva alternativa para la generación de energía.

Por otro lado, la contaminación ambiental, resultado de los combustibles fósiles, emiten una serie de gases causantes del efecto invernadero, acelerando el deterioro de la capa de ozono. Lo que ha causado alerta y preocupación a la sociedad a lo largo de los años, en especial a aquellos defensores del medio ambiente, como lo son los entes de seguridad ambiental y de sanidad de los distintos estados, que luchan día a día por mantener la inocuidad de La Tierra. Y efectivamente los biocombustibles a base de biomasa y no de elementos fósiles como el gas natural y el petróleo, han sido la salida para combatir la escasez del petróleo y sin duda la solución para el mantenimiento del medio ambiente, entonces, ¿Por qué no estudiar sobre esto, si el biocombustible es la fuente de energía del futuro?

Las ventajas competitivas naturales del país, las múltiples opciones en disponibilidad de materias primas, la alta productividad de los cultivos y áreas listas para cultivar, las condiciones estructurales generadas por una demanda interna creciente y garantizada, así como los incentivos del gobierno y las numerosas oportunidades de exportación, hacen de Colombia un sitio ideal para invertir en proyectos de biocombustibles. Y es Santa Marta, una ciudad geográficamente estratégica que posee un puerto de dragado natural y dos productoras de biocombustible. Facilitando el comercio internacional de innumerables productos, en particular el de biocombustible, promoviendo el

desarrollo de la región. El biocombustible, en especial a base de aceite de palma, es un producto que ha tenido gran aceptación mundialmente, contando con un mercado virgen por explorar, por tal motivo Colombia debe estar preparado no solo en cantidad sino también en calidad para suplir la demanda internacional, por eso que todas las empresas de fundamento de palma africana y biocombustible deben optimizar sus procesos, de tal manera que garanticen la satisfacción del cliente y propongan un futuro de exportación de este producto, para lo cual la presente investigación aportará una gran herramienta de control de calidad.

Si bien es cierto, Colombia posee cuatro empresas de biocombustibles de las cuales 2 de ellas se encuentran ubicadas en la ciudad de Santa Marta, estas son Grupo Oddin y Biocombustibles Sostenibles del Caribe S.A., además el departamento cuenta con varias extractoras y refinadoras a lo largo del territorio, teniendo el de esta forma, todo lo requerido para ser altamente competitivo en aceite y biocombustibles. Las extractoras y refinadoras de este territorio deben ser los principales pioneros en el cumplimiento de la normatividad de calidad para el uso de aceite en biocombustibles, de tal manera que puedan garantizar que la producción abastezca la demanda de éste, sin necesidad de recurrir a extractoras y refinadoras del Cesar u otro dpto. Las empresas del Magdalena se deben proyectar en el mercado y asegurar la calidad del aceite en materia de biocombustibles.

Esta investigación se vuelve elemental, puesto que uno de los grandes problemas a lo largo del aceite de palma es el control de calidad, en especial de su acidez; y por medio de esta herramienta se podrán evitar pérdidas de dinero tanto en las empresas de palmeras como en las de biocombustible por la baja calidad del aceite, debido a que la pésima calidad recurre a la utilización de nuevos procesos en la producción de biocombustibles y castigos en el precio del aceite a las refinadoras y extractoras.

Por todo lo anterior, se puede evidenciar la importancia que tiene esta investigación en el medio palmero y de biocombustibles, como se mencionó es una herramienta de optimización de calidad, que a su vez, apoya el desarrollo sostenible, efectivo y competitivo de la región.

5. OBJETIVOS

5.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un plan de control que mejore los niveles de calidad del aceite de palma producido en la refinadora C.I. FAMAR S.A para la obtención de biocombustible.

5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar los niveles actuales de la calidad del aceite utilizado para la fabricación del biocombustible.
- Identificar los niveles mínimos de calidad exigidos por ICONTEC para el aceite que se utiliza en la producción de biocombustible.
- Estudiar cada uno de los inconvenientes que se presentan a lo largo de la refinación del aceite de palma.
- Conocer cada uno de los análisis de calidad aplicados al aceite para la producción de biocombustible.
- Identificar las ventajas que obtiene la refinadora al trabajar con aceites que cumplan con los parámetros exigidos.

6. DISEÑO METODOLÓGICO SEGÚN LA NATURALEZA DE LA INVESTIGACIÓN

La siguiente investigación es considerada de tipo *experimental*, debido a que analiza el efecto producido por la manipulación del sistema de control de calidad de la población a analizar.

Durante la investigación se van a medir las diferentes variables de calidad del aceite de palma para su óptimo uso como biocombustible.

La población base para el estudio está conformada por todas las empresas refinadoras de aceite de palma africana del departamento del Magdalena y por las productoras de biocombustible del mismo departamento. De dicha población se tomará una muestra no probabilística una refinadora y una productora de biocombustible, de tal forma que se pueda apreciar y recolectar toda la información de la cadena de valor del biocombustible a base de palma.

Las empresas de la muestra son:

- Por el sector de biocombustibles:
ODIN ENERGY SANTA MARTA CORP.
- Por el sector de refinadoras, se encuentran:
C.I.FAMAR S.A.

6.1. FUENTES Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

- **FUENTES PRIMARIAS**

Dentro de las fuentes de información primarias se puede encontrar a los diferentes gerentes generales, analistas de calidad y jefes de planta/producción/operación de la muestra escogida. Igualmente, la trazabilidad de las refinadoras suministrarán información en cuanto a cumplimiento de niveles de calidad exigidos por los clientes. El estado de calidad actual de los aceites de las empresas de la muestra.

Las **TECNICAS DE RECOLECCIÓN** de la información de las fuentes primarias, serán las entrevistas realizadas a los diferentes gerentes generales, y demás personal mencionados anteriormente. Además se realizarán visitas de campo para obtener información a través de la observación y experiencia.

- **FUENTES SECUNDARIAS**

En las fuentes secundarias se encuentran los artículos, monografías, revistas de diferentes entidades y personas sobre la temática tratada a lo largo de esta investigación, entre estas fuentes esta Cenipalma,

TÉCNICA DE RECOLECCIÓN: Para recopilar la información de las fuentes secundarias se utilizará la ayuda del internet y de las distintas bibliotecas de Santa Marta para investigar sobre el tema tratado.

6.2. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE ESTUDIO

El método de estudio base para la investigación es la observación y recolección de ideas, para ello se visitarán las dos empresas muestra y se estudiará lo siguiente:

FASE 1: Averiguar la capacidad de producción de la planta refinadora y su abastecimiento a la productora de biocombustible. Esto se realizará con el fin de observar si esta empresa es capaz de suplir la demanda de la productora de biocombustibles, pues si Odin esta ubicada en Santa Marta, lo más razonable sería que sus proveedores fueran las refinadoras más cercanas a su ubicación, en este caso C.I. FAMAR S.A. Asi mismo, si se da el caso que la refinadora no suple la demanda, observar las razones por las cuales están perdiendo esta oportunidad de negocio.

FASE 2: Conocimiento del proceso de refinación del aceite de palma.

FASE 3: Estudio de los diferentes análisis que se le hacen al aceite, para conocer su calidad. Además, visualizar la importancia del análisis en el proceso. Aquí los investigadores tomarán muestras y realizarán los experimentos para verificar la calidad despachada. Averiguarán las causas de los resultados obtenidos en los análisis, para conocer las razones por las cuales el aceite cumplió o no con los niveles de calidad propuestos.

FASE 4: Determinar las variables críticas, para tomar medidas preventivas o correctivas en el caso que alguna variable no cumpla las especificaciones.

FASE 5: Determinación de proveedores, es necesario conocer el proveedor para identificar si las empresas magdalenenses abastecen a su propio mercado. Además para reconocer a los proveedores más representativo y conocer la huella del aceite.

6.3. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

En el cronograma a continuación se especificarán los tiempos en los que se desarrollarán cada una de las actividades, cabe resaltar que estos se encuentran divididos por quincenas.

Tabla 2: Cronograma de actividades.

Actividades	Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Organización de las ideas del tema central a investigar	X							
Recolección de información guía, marco teórico-conceptual-legal	X							
Desarrollo de anteproyecto	X							
Presentación del Anteproyecto a comité de memoria de grado	X							
Aprobación de anteproyecto		X						
Revisión y correcciones, consolidación del proyecto		X						
Coordinación de visitas con gerentes y entrevistas		X						
Primera visita a dos de las empresas , recolección de información y primera muestra de producto como prueba		X						
Diagnostico de la situación y consolidación de la información e ideas		X	X					
Visita a dos empresas más, diagnostico del estado y cumplimiento de los parámetros de calidad y realización de entrevistas			X					
Consolidación de la información			X					
Realización de pruebas de calidad y Análisis de los resultados			X					
Presentación de avance a comité de memoria de grado			X					
Revisión y correcciones				X				
Comparación de parámetros y estudio de causas				X				
Visita a las mismas dos empresas para obtener datos que corroboren la anterior prueba				X				
Análisis de diferencias y estudio de causas y soluciones				X				
Visita a otras dos empresas y recolección de muestra de producto estudio de los procesos y cumplimiento de calidad.					X			
Realización de pruebas de calidad					X			
Estudio de resultados, causas y efectos					X			
Procesamiento de los datos		X	X	X	X	X		
Diseño del sistema de control de calidad, y solución de objetivos e inquietudes			X	X	X	X		
Evaluación del funcionamiento del sistema propuesto					X	X		
Entrega de proyecto final						X		
Sustentación y aprobación de tesis							X	

Fuente: Elaboración propia

7. LIMITACIONES

Esta investigación busca mejorar los niveles de calidad del aceite de palma para ser utilizado para la producción de biocombustible en el departamento, por tal razón tendrá una limitación geográfica, teniendo en cuenta solo a la refinadora de aceite de palma africana C.I. FAMAR S.A., y a la empresa productora de biocombustible de aceite de palma ODIN ENERGY SANTA MARTA CORP S.A.

Las limitaciones de espacios y herramientas, son las más condicionales, pues los espacios dependen de los laboratorios de las distintas empresas y de la existencia de herramientas en los laboratorios de la Universidad del Magdalena.

8. DESARROLLO DEL PROYECTO

Para la ejecución de este proyecto de investigación se tuvo en cuenta la información suministrada por la refinadora C.I. FAMAR S.A. y la productora de biocombustibles ODIN ENERGY SANTA MARTA CORP, éstas cuales facilitaron sus instalaciones para la elaboración de laboratorios donde se analizaron las variables de calidad necesarias para la refinación del aceite, de tal manera que se lograra corroborar que éstas cumplen con las especificaciones exigidas por el cliente.

A continuación se describen cada uno de los pasos necesarios para el desarrollo del proyecto de investigación:

8.1. CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE LA REFINADORA

La capacidad de producción de la refinadora, es un dato clave para conocer si es posible o no abastecer la demanda de un cliente a un tiempo determinado.

C.I. FAMAR S.A., tiene la capacidad de recibir 150 toneladas/diarias de materia prima. Sin embargo el proceso de refinación está pautado por la capacidad de fraccionamiento, es decir, la capacidad de producción de C.I. FAMAR S:A. es de 120 toneladas/diarias.

Cabe resaltar, que del fraccionamiento se obtienen dos subproductos, el 70% representa la oleína y el 30% la estearina, este último se le vende a Odín para que obtenga su biocombustible, por la finalidad de la investigación se profundizará en la estearina.

Con respecto, a la demanda de la estearina para ser utilizada como biocombustibles por la empresa ODIN ENERGY SANTA MARTA CORP S.A., se encontró que la refinadora ha dejado de vender este producto por falta de capacidad, de hecho, actualmente existe una programación de producción de estearina para la empresa ODIN, pero quien funciona como cuello de botella es la refinadora, puesto que esta solo puede producir X cantidad mensual de estearina para esa finalidad.

8.2. PROCESAMIENTO DEL ACEITE EN LAS REFINADORAS

El proceso de refinación del aceite, comienza con la recepción de la materia prima e insumos, la materia prima que es la que más interesa es el aceite crudo de palma, al cual se le realizan los análisis de calidad en cuanto a: %Acidez, %Humedad, % Impurezas y DOBI, luego de verificar que el aceite crudo del carro tanque cumple con las especificaciones de calidad mínimas requeridas por las refinadoras, es descargado en los tanques de almacenamiento de crudo.

Esas limitantes de compra del aceite crudo son:

- % Acidez \leq 3.5%
- %Humedad \leq 0.05%
- % Impurezas \leq 0.5%
- DOBI $>$ 2.7

Después de almacenar el crudo comienza el proceso de refinación, el cual está compuesto por: blanqueo, refinación y desodorización, al aceite que resulta de este proceso se le llama *aceite RBD*. El primer subproceso es el *blanqueo*, aquí se le adicionan ciertos insumos (tierra filtrante y ácidos cítricos) al aceite crudo, que

absorben las impurezas que contiene el crudo ya sea por minerales propios de la fruta o por impurezas exteriores de la palma, durante el *blanqueo* el aceite se somete a altas temperaturas para disminuir la humedad, la acidez y el valor del peróxido, pero en especial la función de este proceso es eliminar las impurezas. A la salida del blanqueo, al aceite se le realizan los siguientes análisis: % Acidez, Color, % Humedad y Valor peróxido. Este aceite es almacenado en unos tanques que alimentaran a la columna de *refinación y desodorización*, en la cual el aceite se lleva por picos a una temperatura de 230 – 270 °C al vacío, éstas condiciones volatizan los ácidos grasos, de esta manera se eliminan los olores y sabores desagradables, igualmente se reduce la intensidad de los colores y la acidez a 0.1%. A la salida de este tratamiento al aceite RBD se le realizan estos análisis: % Acidez, Color, Valor peróxido, Sabor, Olor y Punto de Fusión, cabe resaltar que este último análisis se realiza una vez al día; en el caso que en la prueba de color se presente la presencia de Azul, se realiza la prueba de impurezas en la centrifuga, para tomar acciones correctivas.

El aceite RBD es almacenado, para posteriormente ser *fraccionado*, en este proceso se dirige el aceite a los tanques de fraccionamiento donde se desciende la temperatura a 20 - 22 °C, para que éste se cristalice. Una vez cristalizado es enviado al filtro-prensa, a través de una bomba aspersora. En el filtro-prensa se separa la estearina de la oleína, la primera se pasa a la tolva y se calienta, tanto en la prensa como en la tolva se le hacen análisis de: % Acidez, Color, Sabor, Olor y Punto de Fusión, claro es que estos análisis se le hacen una vez por turno. Cuando la estearina esté en su fase líquida es almacenada.

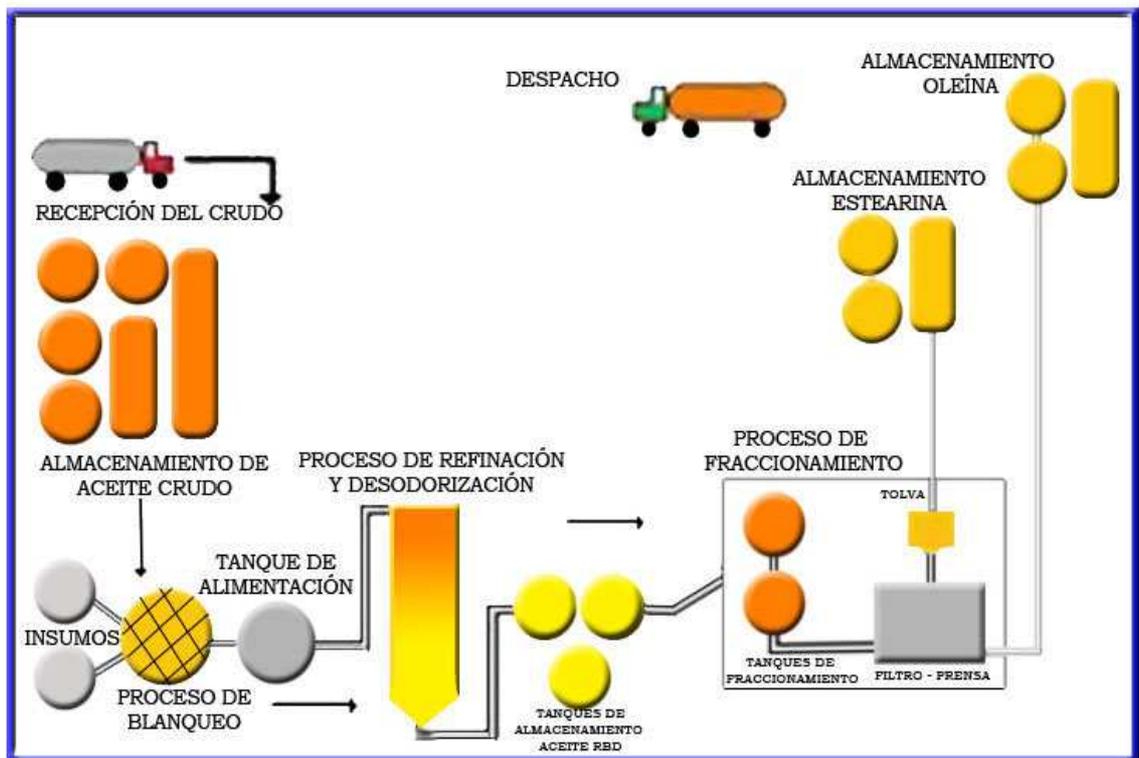
En el caso de la oleína que sale del filtro-prensa, se le realizan los mismos análisis de la estearina, adicionándole la prueba de coldtest, una vez se encuentre la oleína con la calidad deseada es almacenada, para ser despachada, en este

momento se le hacen nuevamente los mismos análisis para confirmar la calidad, en el despacho también se realiza la prueba de Índice de Yodo.

Para el despacho de la estearina es necesario subirle la temperatura a 60°C antes de que llegue el carrotanque, Las pruebas de calidad a la hora de despachar estearina son: Acidez, Color, Sabor, Olor, Punto de fusión, Valor peróxido e Índice de Yodo

A continuación se muestra una representación gráfica didáctica del proceso de refinación desde la recepción de la materia prima hasta el despacho del producto final.

Figura 1: Diseño didáctico del proceso de Refinación.



Fuente: Elaboración propia

8.3. ANÁLISIS DE CALIDAD Y SU IMPORTANCIA

Para llevar a cabo un eficiente proceso de refinación es indispensable controlar el proceso mediante los análisis de calidad, los cuales no solo nos indican si el aceite cumple o no con la calidad requerida por el cliente, sino también el buen funcionamiento del proceso. Los análisis necesarios para conocer la calidad del aceite son los siguientes:

8.3.1. ANÁLISIS DOBI

También conocido como Deterioro a la Blanqueabilidad, es una medida de la calidad del aceite crudo de palma que será sometido al proceso de blanqueo y refinación.

Este parámetro mide la relación entre los productos antioxidantes naturales (carotenos) medidos a 446 nm y los productos de oxidación secundaria a 269 nm. El análisis involucra la medición espectrofotométrica de una solución de la muestra de aceite en iso-octano o n-hexano (0,5 – 1,0% en volumen) contra el solvente.

Materiales y equipos utilizados:

- Espectrofotómetro usado a 269 nm y 446 nm.
- Balones fondo plano aforados de 10 ml.
- Vasos de precipitación de 50 ml
- Pipeta graduada de 2 ml.
- Balanza con sensibilidad de +/- 0,001 gr.

Reactivos utilizados:

- Iso – octano grado reactivo p n – hexano grado reactivo.

PROCEDIMIENTO: Se pesa con exactitud 0,100 gr de muestra completamente homogenizada y derretida, en un balón aforado de 10 ml; luego se disuelve y completa hasta alcanzar la marca con n – hexano (o iso – octano).

Se llena la celda de medición con la solución de aceite – solvente y se miden las absorbencias a 269 nm y 446 nm contra el solvente puro.



Espectrofotómetro

Manejo del espectrofotómetro: el equipo debe conectarse a una toma regulada de 110 v. demora 10 minutos en realizar el proceso de calentamiento de la lámpara de Tungsteno, esto con el fin de obtener un resultado seguro.

Una vez terminado este proceso se refleja en pantalla un listado de los métodos de análisis almacenados en la memoria del espectrofotómetro. Se marca método DOBI utilizando las flechas direccionales.

Debe tenerse en cuenta que las condiciones fijadas para la prueba son las siguientes:

- Longitud de onda 1: 446 nm
- Longitud de onda 2: 269 nm
- Corrección de L.O. De ref.: Apagado
- Posicionador de muestras: 1 – celda
- # ID(0=OFF): 1
- Limites bajo/alto: -9999/9999
- Estadísticas: Encen
- Imp. Aut.: Apag.

Para determinar el DOBI se utiliza la siguiente fórmula:

$$DOBI = \frac{Abs \ 446}{Abs \ 269}$$

La siguiente tabla nos indica que sucede con los diferentes valores del DOBI, en otras palabras revela porque es importante tener en cuenta el DOBI a la hora de comprar un aceite crudo.

Tabla 3: Valores DOBI.

VALOR DE DOBI	OBSERVACIÓN
Menor de 2,5	Difícil de blanquear
2,5 – 3,5	Aceptable
Mayor de 3,5	Fácil de Blanquear

Fuente: Información suministrada por la Odin Energy Santa Marta Corp.

8.3.2. ANÁLISIS DE ACIDEZ

Este análisis tiene como objeto establecer un método cuantitativo para determinar la acidez del aceite.

Materiales y equipos utilizados para la realización de este análisis son:

- Balanza semianalitica.
- Erlenmeyer de 250 a 500 MI
- Bureta automática de 25 MI con divisiones de 0,5 MI.
- Probeta de 50 MI.

Los reactivos utilizados son:

- Alcohol Etílico al 95% en volumen, el alcohol debe ser previamente neutralizado utilizando para ello como indicador Fenolftaleína al 1%, como titulante hidróxido de sodio al 0,1 N.
- Hidróxido de sodio 0,1 N.
- Fenolftaleína, en solución al 1% en alcohol de 95% en volumen.

PROCEDIMIENTO: Se pesa una cantidad adecuada de aceite de palma, de acuerdo con lo indicado en la tabla 4 y se coloca en el Erlenmeyer de 250 a 500 MI.

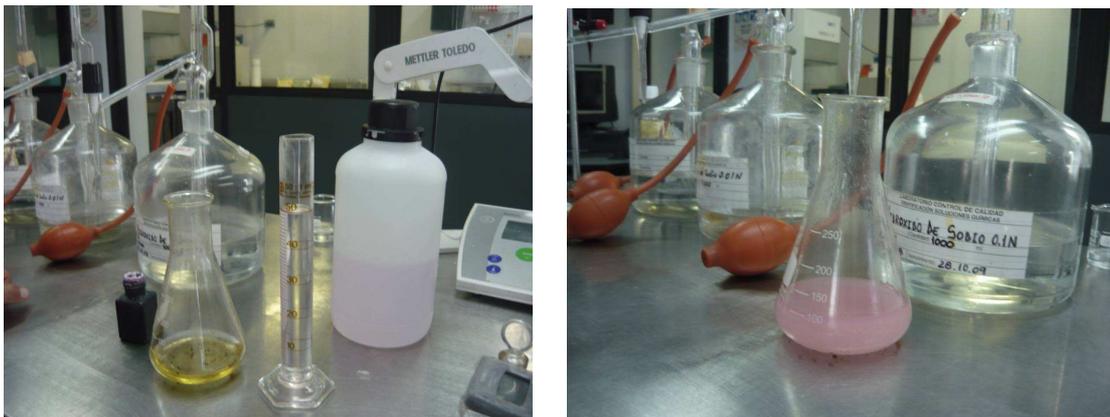
Tabla 4: Sustancias que deben emplearse en la determinación de la acidez.

Ácidos grasos libres en %	Masa de la muestra en gramos	Alcohol etílico en ml	Concentración de la solución del álcali
0,0 a 0,2	55,4 +/- 0,2	50	0,1 N
0,2 a 1,0	28,2 +/- 0,2	50	0,1 N
1,0 a 30,0	7,05 +/- 0,05	75	0,1 N
30,0 a 50,0	7,05 +/- 0,05	100	0,25 O 1, 0 N
50,0 a 100	3,525 +/- 0,001	100	1,0 N

Fuente: información suministrada por la refinadora.

En una probeta se coloca el volumen de alcohol etílico indicado en la tabla 1, se el etanol neutralizado sobre la muestra de aceite o grasa en el erlenmeyer y se

mezcla el contenido, a esta mezcla se le adiciona 6 gotas del indicador de fenolftaleína al 1%. Se realiza la titulación utilizando hidróxido de sodio 0,1 N como agente titulante, el punto final de la titulación se alcanza cuando aparece un color rosado en la solución y se mantiene por 30 segundos. Finalmente se anota el volumen gastado de hidróxido de sodio 0,1 N.



Análisis de Acidez.

La acidez se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$A = \frac{25,6xVxN}{M}$$

La acidez se expresa en %, siendo:

V= Volumen de solución de hidróxido de sodio empleado en el ensayo en ml

N= Normalidad de la solución de hidróxido de sodio empleado en el ensayo

M= Peso de la muestra en gramos

25.6= Masa molecular del ácido Palmítico

El resultado de la anterior operación representa en porcentaje de humedad del aceite.

8.3.3. ANÁLISIS DE HUMEDAD

Determina de manera cuantitativa el % de humedad y sustancias volátiles presentes en muestras de aceites, mediante calentamiento por balanza de humedad.

Materiales y equipos utilizados:

- Balanza de humedad
- Analizador halógeno de humedad.
- Platos de humedad
- Espátula
- Tierra filtrante



Análisis de humedad.

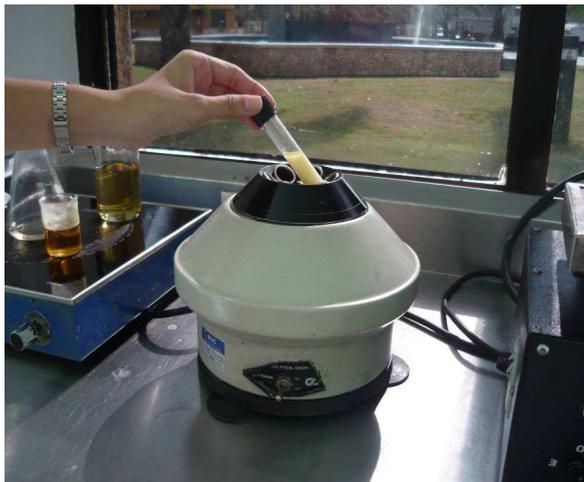
PROCEDIMIENTO: Primero se gradúa la balanza a 115 °C, luego se coloca el plato de humedad en la balanza y se adiciona 2-3 gr de tierra filtrante. El plato y la tierra filtrante se seca durante 5 min. A temperatura de 115 °C, se tara el peso del plato más la tierra en la balanza y se adiciona de 2-3 gr de la muestra de aceite en el plato, se coloca en tiempo automático. Se da por terminada la prueba cuando el equipo de el aviso.

8.3.4. ANÁLISIS DE IMPUREZAS

Determina de manera cuantitativa el % (peso/peso) de impurezas sólidas insolubles en disolvente orgánico, presentes en muestras de aceite mediante centrifugación durante 5 minutos.

Materiales y equipos utilizados:

- Centrifuga.
- Tubo de ensayo graduado para centrifuga de 15 ml.
- Balanza de precisión.



Análisis de impurezas

Reactivo utilizado: Disolvente orgánico.

PROCEDIMIENTO: Se pesa el tubo de ensayo para centrifuga de 15 ml vacío y seco, luego se vierte en el tubo 10 ml del aceite a analizar, se lleva al aparato de centrifuga y se acciona durante 5 minutos, el aparato debe estar balanceado. Se retira el aceite que conforma la fase superior de la muestra centrifuga y

posteriormente lavar el residuo del fondo del tubo con disolvente (varsol) hasta que no se aprecien residuos de aceite. Finalmente se determina el peso del tubo de ensayo con las impurezas retenidas en el fondo del mismo.

El % de impurezas se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Impurezas} = \frac{P_o - P_f}{0,9 \times \text{Vol muestra}} \times 100$$

Donde:

Po: Peso inicial en gr del tubo de ensayo para centrifuga vacio y seco.

Pf: peso final en gr del tubo de ensayo para centrifuga con las impurezas (después de centrifugar).

Vol. muestra: volumen de muestra en ml de aceite usado.

0,9: gravedad especificada del aceite.

8.3.5. COLOR

Este análisis determina el color del aceite y a la vez indica si la muestra presenta impurezas. Los colores presentes en este análisis son; el amarillo, rojo y azul.

Materiales y equipos utilizados:

- Lovibond.
- Celda de borosilicato de 100 ml.



Análisis de color

PROCEDIMIENTO: En la celda de borosilicato se agregan 100 ml de aceite, esta se inserta en el porta celda del Lovibond el cual se cierra y se deja activo durante 10 minutos a una temperatura constante de 65°C, este aparato emite un haz de luz o señal electrónica que indica la cantidad de cada color presente en la muestra.

A la salida de refinación, el aceite de cumplir con ciertos parámetros de color; el abuso de éstos indica inconvenientes durante su proceso, teniendo en cuenta que el aceite RBD debe poseer las siguientes características:

- Amarillo ≤ 40
- Rojo $\leq 3,5$, en caso de que sea mayor a este límite, significa una mala refinación
- Azul = 0, si esto no se da, quiere decir que el aceite tiene impurezas, o está quemado.

8.3.6. VALOR PERÓXIDO

Determina la cantidad de sustancias oxidadas presentes en muestras de aceites mediante la medición de todas las sustancias que oxidan el yoduro de potasio bajo las condiciones que exige el método.

Materiales y equipos utilizados:

- Balanza semianalitica.
- Erlenmeyer de 250 ml con tapón esmerilado.
- Bureta con 25 ml con divisiones de 0,1 ml.
- Pipetas de vidrio graduadas de 1,0 y 5,0 ml.
- Probeta de 50 ml.
- Cabina de extracción de vapores.

Reactivos utilizados:

- Solución acido acético.
- Cloroformo de 3-2 v/v.
- Solución saturada de yoduro de potasio KI.
- Solución estandarizada de tiosulfato de sodio 0,01 N.
- Dicromato de potasio.
- Solución indicadora de almidón al 1%.

PROCEDIMIENTO: Se pesan aproximadamente 5 gr de muestra en un erlenmeyer de 250 ml con tapón esmerilado, adicionándole con una probeta 30 ml de la solución de acido acético – cloroformo (3-2 v/v) agitando suavemente.

Luego se adiciona 0,5 ml (10 gotas aprox) de solución saturada de yoduro de potasio (KI) se agita la solución durante un minuto y se añade 30 ml de agua destilada.

Finalmente se añaden 0,5 ml de solución indicadora de almidón. La solución en el erlenmeyer toma una coloración de azul a violeta en diferentes intensidades dependiendo del contenido de peróxido en la muestra. Se realiza la titulación con tiosulfato de sodio con agitación fuerte para liberar todo el yodo de la capa de cloroformo, esto ocurre cuando el color azul – violeta ha desaparecido. Se anota e volumen gastado de tiosulfato de sodio 0,1 N.



Análisis de valor peróxido.

El índice de peróxido expresado como mili-equivalentes de peróxido por 1000 gr de muestra se calcula así:

$$\text{Índice de Peróxido} = \frac{A \times N \times 100}{W}$$

Donde:

A: Volumen de solución de tiosulfato gastado en la titulación de la muestra.

N: Normalidad de la solución de tiosulfato de sodio.

W: Peso de muestra en gr.

8.3.7. PUNTO DE FUSIÓN

Este análisis determina el punto de fusión del aceite por medio del tubo capilar abierto, es decir, a que temperatura se funde el aceite RBD.

Materiales y equipos utilizados

- Tubos capilares sin heparina (la heparina es una sustancia que coagula el aceite).
- Termómetro de mercurio con subdivisiones de 0,2 °C .
- Plancha de calentamiento con agitador magnético.
- Beaker de 600 ml.
- Refrigerador.
- Baño a 8 °C.
- Papel filtro, timer digital.



Análisis de punto de fusión.

PROCEDIMIENTO: Se funde la muestra a 2°C por encima del punto de fusión, en caso de presentar impurezas, se filtra a través de un papel filtro. Se verifica que la muestra no presente humedad, esta debe estar completamente seca.

Se sumergen por lo menos dos tubos capilares limpios en la muestra completamente líquida en tal forma que penetre en ella la materia grasa hasta una altura aproximada de 10 mm. Se colocan los tubos en el congelador por 15 min, a una temperatura de 4 - 10 °C

Luego se sacan los tubos y se fijan al termómetro mediante un elástico, en tal forma que los extremos que contienen la muestra queden a ras con el extremo inferior del termómetro. En un beaker, preparado previamente con 500 ml de agua destilada y a una temperatura de 10°C, inferior al probable punto de fusión del cuerpo graso, se sumergen los tubos a una profundidad de 4,5 +/- 0,5 cm., de modo que el extremo inferior quede a 4,5 +/- 0,5 cm. Bajo el nivel del agua. Este beaker se calienta, regulando el calentamiento de tal manera que la temperatura del baño aumente, a razón de 1°C por minuto. Este aumento de temperatura se reduce 0,5 °C por minuto a medida que se acerque al probable punto de fusión. Durante el calentamiento el agua se agita mediante un procedimiento mecánico adecuado, en este caso se utiliza un agitador magnético, se coloca al máximo la intensidad de calentamiento y la velocidad de agitación. Se continúa calentando y se registra la temperatura a la cual se desliza la columna del cuerpo graso en cada tubo capilar. El punto de fusión de la grasa es el promedio de las lecturas termométricas registradas, no debiendo diferir esas entre sí más de +/- 0,3°C.

8.3.8. ANÁLISIS ORGANOLÉPTICOS

Este análisis se realiza al aceite cuando ha pasado por refinación, a la oleína y estearina almacenada, este es un análisis subjetivo, sin embargo no deben presentar olor ni sabor.

8.3.9. ÍNDICE DE YODO

El valor del yodo es una medida de la insaturación de las grasas y aceites; determina la cantidad de yodo que se combina con una grasa o aceite expresada en gramos de yodo consumidos por cada 100 gr de muestra.

Materiales y equipos utilizados:

- Balanza de precisión.
- Bureta manual de 50 ml con div. 1 ml.
- Pipetas de vidrio graduadas de 1 ml, 10 ml y 25 ml.
- Erlenmeyer con tapón de 500 ml.
- Probeta de vidrio de 100 y 10 ml,
- Papel filtro
- Plancha de calentamiento



Análisis de índice de yodo

Reactivos utilizados:

- Solución de almidón
- Solución 0,1 N de tiosulfato de sodio.
- Solución de yoduro de potasio al 15 % (KI)
- Cloroformo
- Solución de Wijs

PROCEDIMIENTO: Se funde la muestra si no está totalmente líquida (La temperatura durante la fusión y el filtrado no debe exceder en más de 10°C el punto de fusión de la muestra) y se pasa a través del papel filtro para eliminar impurezas y trazas de humedad.

Se pesa la muestra, se introduce en un erlenmeyer de 500 ml con tapón esmerilado y se agregan 10 ml de cloroformo; la cantidad de muestra tomada debe ser tal que la solución de Wijs asegure un exceso de 50 a 60 % de la

cantidad añadida, es decir de 100 a 150 % de la cantidad absorbida. La tabla 5 indica la cantidad de muestra y el índice de yodo.

Tabla 5: Cantidad de muestra e índice de yodo.

ÍNDICE DE YODO	PESO DE LA MUESTRA	
	100% en exceso	150 % en exceso
Menor de 3	10	10
3	10,576	8,4613
5	6,346	5,0770
10	3,1730	2,5384
20	1,5865	0,8461
40	0,7935	0,6346
60	0,5282	0,4231
80	0,3966	0,3173
100	0,3173	0,2538
120	0,2644	0,2115
140	0,2266	0,1813
160	0,1983	0,1587
180	0,1762	0,1410
200	0,1586	0,1269

Fuente: Información suministrada por la refinadora.

Luego con una pipeta se añaden 25 ml de solución de wijs en el erlenmeyer que contiene la mezcla y se agita, se tapa y se deja reposar en un lugar oscuro durante 30 minutos a una temperatura de 25 +/- 5 °C .

Pasado esto se agregan 10 ml de la solución al 15% de yoduro de potasio (KI) y 100 ml de agua destilada. Se valora con solución de tiosulfato de sodio 0,1 N,

empleando una bureta graduada al 0,1 ml hasta que la solución vire de rojo a amarillo. Se añaden 2 ml de la solución de almidón que colorea de azul la muestra y se continúa la valoración hasta que desaparezca el color azul.

El índice de yodo se calcula de la siguiente forma:

$$IY = \frac{(V1 - V2) \times N \times 12,69}{G}$$

Donde:

V1: Volumen en ml de la solución de tiosulfato de sodio 0,1 N empleado en la titulación del blanco.

V2: Volumen en ml de la solución de tiosulfato de sodio 0,1 N empleado en la titulación de la muestra.

G: Peso en gr de la muestra.

N: Normalidad de la solución de tiosulfato.

12,69: Constante para determinación del índice de yodo.

8.4. PROMEDIOS DE CALIDAD DE CADA UNA DE LAS VARIABLES PARA LA ESTEARINA PRODUCIDA POR C.I FAMAR S.A.

Durante el mes de Septiembre del presente año, se realizaron un total de 16 despachos de estearina a Odin Energy Santa Marta Corp S.A.

Los autores de esta investigación, tomaron muestras y realizaron los análisis de calidad pertinentes para el despacho de estearina en 4 oportunidades. Los despachos de Septiembre se ven resumidos semanalmente en la tabla 5, donde se calcula el promedio de cada una de las variables de calidad para dicho mes.

A continuación se muestra la tabla 5 que trata de la Calidad de estearina del mes de septiembre:

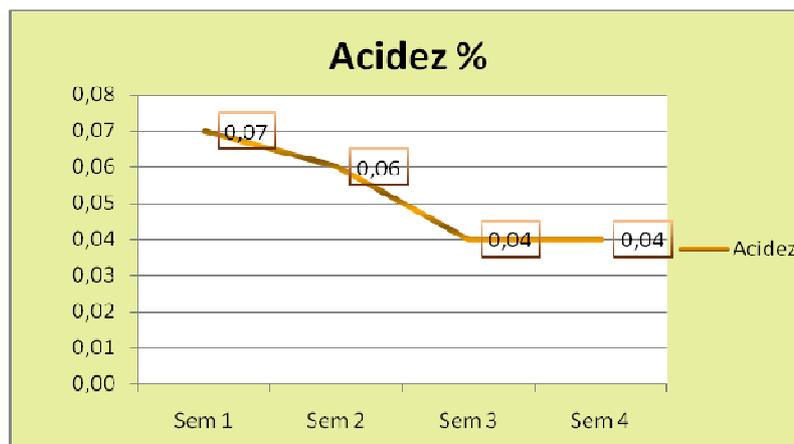
Tabla 6. Calidad de estearina del mes de septiembre.

VARIABLES DE CALIDAD DE LA ESTEARINA EN EL MES DE SEPTIEMBRE								
Semana	Acidez %	Humedad %	Impurezas %	Valor Peróxido	Pto de Fusión °C	Color		Índice de yodo
						A	R	
1	0,07	0,01	0,00	3,85	51	31	3,2	36,69
2	0,06	0,01	0,00	2,44	51	28	2,7	36,88
3	0,04	0,00	0,00	2,38	51	30	3,3	37,14
4	0,04	0,00	0,00	2,07	50	27	2,8	37,46
PROMEDIO	0,05	0,01	0,00	2,69	51	29	3,0	37,04

Fuente: Elaboración propia

A continuación se representara gráficamente el comportamiento de cada variable de calidad durante el mes de Septiembre representado por semanas.

Gráfica 1: Promedio porcentual semanal de la acidez durante el mes de Septiembre.

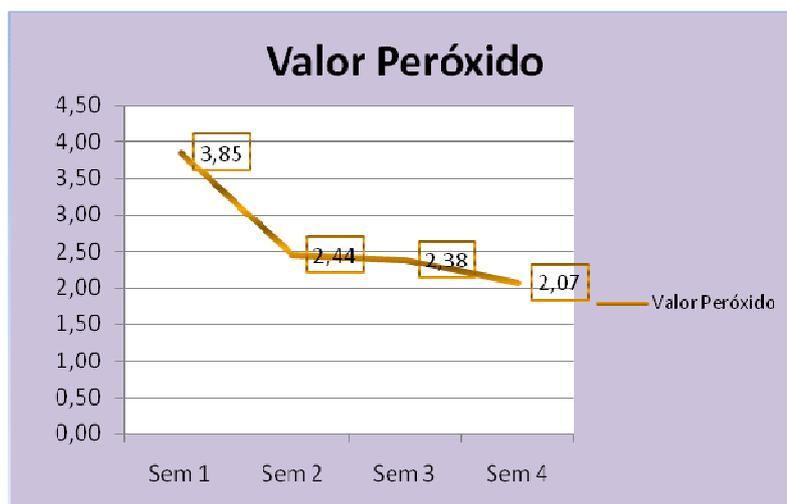


Fuente: Datos obtenidos de los laboratorios efectuaos

Teniendo en cuenta que el control de esta variable no es nada fácil, se realizó seguimiento durante cuatro semanas para ver que tan constante es el % de acidez y sobre todo que esta no sobre pase el parámetro exigido que es de 0,1%.

Es notorio en la gráfica que durante el mes de Septiembre los % de acidez que se manejarón en el proceso de refinación fue ideal ya que lograron cumplir con las especificaciones requeridas, cabe resaltar que para que obtuvieran resultados seguros, a pesar de los inconvenientes que de una u otra forma se presentan a lo largo del proceso, ejemplo; durante la primera semana de Septiembre al momento del despacho el % de acidez estaba en su punto máximo, generandose un reproceso el cual consta nuevamente de un blanqueamiento y refinación que ayudan a bajar los altos % de acidez.

Gráfica 2: Promedio porcentual semanal del valor de peróxido durante el mes de Septiembre.

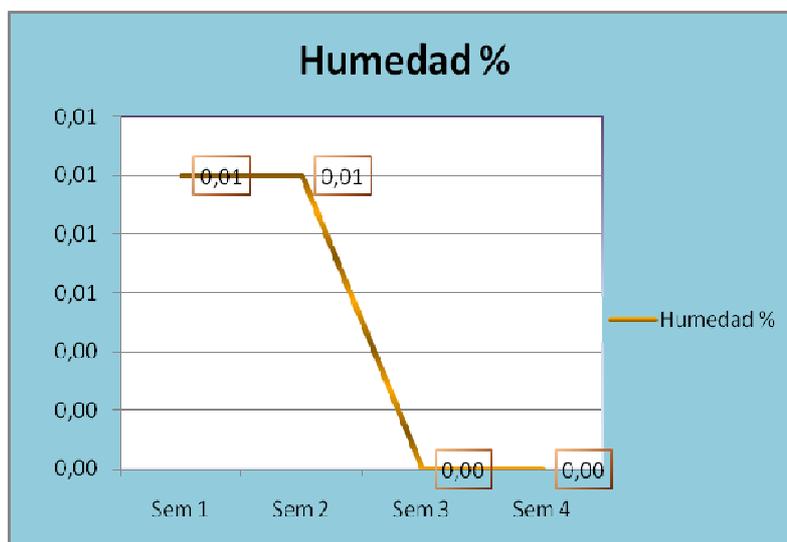


Fuente: Datos obtenidos de los laboratorios efectuaos

En cuanto a esta variable también se le llevó a cabo seguimiento por cuatro semanas con el fin de conocer los índices de peróxido que maneja la refinadora C.I. FAMAR.S.A al momento de refinar el aceite que venden para la producción de biocombustible. El valor máximo de este índice es seis, si este sobrepasa el límite el producto perderá sus características sensoriales y se forma la rancidez en el aceite, esto se debe al enlace de las grasas insaturadas y el oxígeno del medio, la humedad también incide en la oxidación del aceite.

En la gráfica se puede observar que los promedios semanales se mantuvieron por debajo del límite establecido, aspecto que es muy favorable ya que el alto índice de oxidación en el aceite genera un color y olor desagradable, cabe resaltar que el aceite solo debe presentar el color y olor característico.

Gráfica 3: Promedio porcentual semanal de la humedad durante el mes de Septiembre.

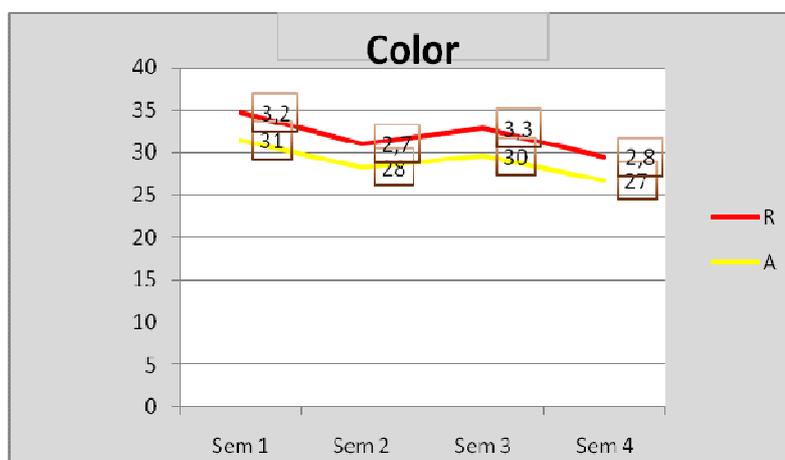


Fuente: Datos obtenidos de los laboratorios efectuados.

Como se menciona anteriormente la humedad es una de las condiciones que acelera la reacción del enlace entre grasas insaturadas y el oxígeno generando la oxidación del aceite, también es un factor por el cual se puede presentar la acidez, por tal razón es importante que la humedad siempre este es su punto exacto 0,05% o por debajo de él, así los inconvenientes que se presentan en el proceso de refinación a raíz de esto se podrán manejar a tiempo.

La gráfica muestra el comportamiento semana a semana en el mes de Septiembre que presento la humedad, es claro que el promedio porcentual se mantuvo dentro del límite.

Gráfica 4: Promedio porcentual semanal del color durante el mes de Septiembre.



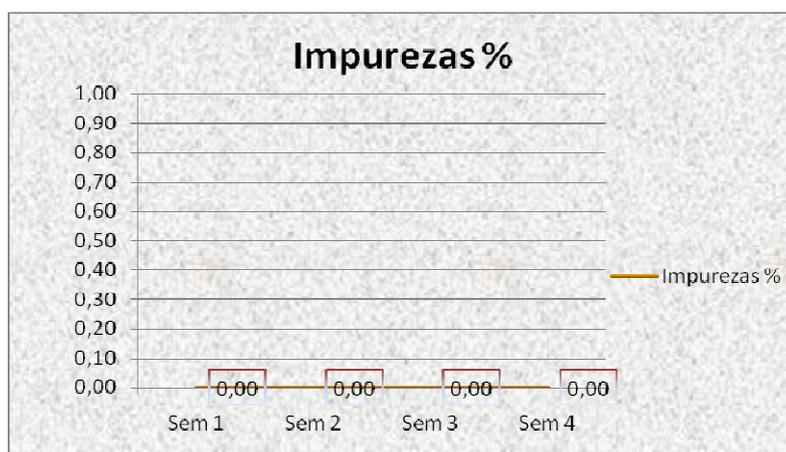
Fuente: Datos obtenidos de los laboratorios efectuaos.

Al momento de realizar el seguimiento a esta variable, se encontro que el aceite maneja tres colores, los cuales son amarillo, rojo y azul. Los colores amarillo y rojo no son preocupante por que son colores caractericos del aceite, el rojo es el color del aceite crudo, el amarillo es el color que adquiere luego de ser refinado, pero el

azul es el que indica impurezas en la muestra, es por esto que el % debe ser siempre 0%, por tal motivo no se ve reflejado en la gráfica.

El nivel máximo para el color a amarillo es 35 y para el rojo 3,5. En la gráfica se aprecia que los niveles de estos dos colores no sobrepasaron los puntos máximos.

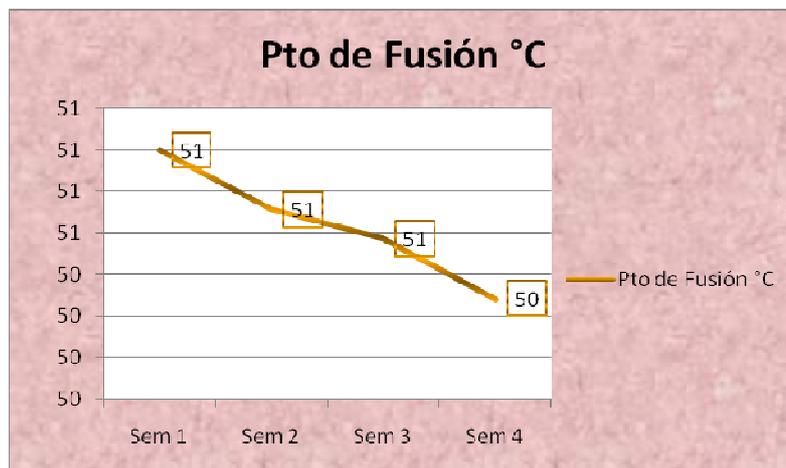
Gráfica 5: Promedio porcentual semanal impurezas durante el mes de Septiembre.



Fuente: Datos obtenidos de los laboratorios efectuaos.

La gráfica indica que esta variable durante el mes de septiembre se mantuvo en el nivel que debe estar siempre el 0%, al momento de realizar la prueba de color se ve si hay impurezas cuando el Lovibond marca el color azul, si esto se presenta se debe realizar un reproceso que consta del blanqueamiento ya que el producto final debe ser despachado con un 0% de impurezas.

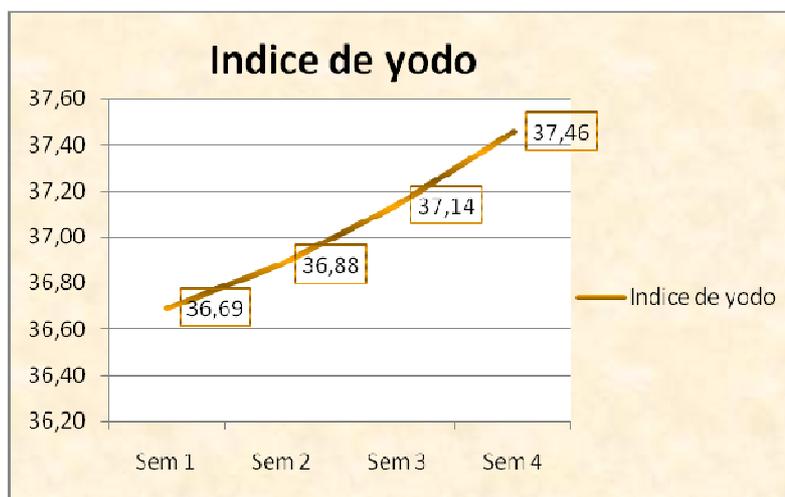
Gráfica 6: Promedio porcentual semanal del punto de fusión durante el mes de Septiembre.



Fuente: Datos obtenidos de los laboratorios efectuaos.

Es importante conocer sobre el análisis del punto de fusión, ya que indica los parámetros de temperatura a los que la refinadora C.I FAMAR S.A. está fundiendo el aceite. Los parámetros máximos del punto de fusión oscilan entre 50 y 55°C. La gráfica indica que la temperatura estuvo dentro del rango exigido.

Gráfica 7: Promedio porcentual semanal del índice de yodo durante el mes de Septiembre.



Fuente: Datos obtenidos de los laboratorios efectuaos

El análisis del índice de yodo es importante por que se identifica la procedencia del aceite con que está trabajando la refinadora C.I FAMAR S.A. Los parámetros máximos para el índice yodo estan entre 33 y 39, la gráfica indica claramente que esta variable no sobrepasolos limites establecidos.

Es importante identificar cada uno de los niveles de calidad exigidos por Odin para verificar que la empresa C.I. FAMAR S.A. si ha cumplido con los requisitos establecidos por ellos, la siguiente tabla recopila la información.

Tabla 7: Especificaciones de calidad exigidas por Odín

ESPECIFICACIONES DE CALIDAD EXIGIDOS					
Empresa	Acidez %	Humedad %	Impurezas %	Valor Peróxido	Pto de Fusión °C
ODIN	< 0,1	0,05	0,00	< 6	> 50

Fuente: Elaboración propia.

Toda estearina despachada a Odin debe cumplir con los anteriores parámetros.

8.5. VARIABLES CRÍTICAS

Para la producción de la estearina apta para el biocombustible, existen 2 variables críticas, pues su falta de control e inconsistencias pueden acarrear grandes inconvenientes para su venta o para la producción, estas dos variables son:

Impurezas, es considerada una variable crítica porque todas aquellas impurezas que no se eliminaron durante el blanqueo o se obtuvieron en el transporte del aceite, quedan impregnadas en la estearina en el momento del fraccionamiento, a diferencia de la oleína que sale totalmente limpia de este proceso.

Aunque en el mes de septiembre todos los aceites despachados por la refinadora cumplían con la calidad requerida por la empresa de biocombustibles, en algunas ocasiones estos aceites tuvieron que haber sido reprocesados porque presentaron problema con la calidad, de hecho por considerarse el % impurezas como variable crítica, la empresa refinadora ha colocado en su tubería de despacho algunos filtros adicionales, de tal forma que mitigue un poco el problema.

Acidez, esta variable no tiene muchos problemas, sin embargo su nivel de importancia es bastante alto en la calidad del aceite, es por eso que la empresa direcciona su atención a ella, por supuesto sin dejar a un lado el resto de determinantes de calidad. Su incumplimiento puede pasar al tener durante mucho tiempo el aceite almacenado, o por problemas en el funcionamiento de la maquinaria. Pero su descuido puede ocasionar, la repetición de todo el proceso de refinación.

8.6. PROVEEDORES DE ACEITE CRUDO

C.I. FAMAR S.A es una empresa perteneciente al Grupo Dávila, y por ende su materia prima preferiblemente es comprada a extractoras del mismo grupo, en este caso PADELMA, sin embargo existen ocasiones en que esta extractora no logra abastecer la demanda de la refinadora, por tal razón C.I.FAMAR S.A se vale de extractoras vecinas para poder suplir su necesidad de aceite crudo.

En la siguiente tabla se visualizan los proveedores de crudo de la refinadora:

Tabla 8: Proveedores de aceite crudo de C.I. FAMAR S.A.

Departamento	Proveedor	% de Participación
Magdalena	PADELMA	46
Magdalena	Ext. Bella Esperanza	12
Magdalena	BIOCOSTA	25
Copey, Cesar	Palmeras De La Costa	1
Santander, B/manga	Santander	1

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa la mayoría de los proveedores de aceite crudo es administrado y producido por el dpto. del Magdalena. Sin embargo, existe aproximadamente un 2% de aceite crudo que no proveniente de este departamento.

La principal razón para escoger el material de estas extractoras y no de otras que si pertenecen al departamento, es que con estas ya se llegado con anterioridad a un acuerdo de colaboración empresarial.

9. RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación se mostrarán los resultados obtenidos a partir de las entrevistas realizadas a los encargados de la refinación de aceite de palma y producción de biocombustibles, sobre aspectos específicos de la calidad del aceite de palma. Al igual las visitas ejecutadas a las plantas y los análisis de laboratorios, también proporcionaron información elemental para responder los interrogantes del planteamiento del problema y evaluar las hipótesis propuestas. Como se menciona en el desarrollo del proyecto el mes de análisis fue SEPTIEMBRE, en la entrevista realizada a la refinadora encontramos que:

- C.I. FAMAR S.A, es una empresa responsable, y se visiona a la satisfacción del cliente, puesto que, durante el mes de muestra en todos los despachos programados de estearina para biocombustibles cumplió con los requerimientos de calidad exigidos por el cliente, sin importar que era necesario reprocesar el producto y por ende tendrían costos ociosos; para la refinadora lo importante es mantener a su cliente.
- La calidad promedio despachada
 - El porcentaje de acidez promedio manejado fue: 0.05
 - El porcentaje de humedad promedio fue 0.01
 - El aceite despachado no tuvo impurezas
 - El valor del peróxido promedio fue de 2.69
 - El punto de fusión promedio fue 51°C
 - En promedio el color amarillo despachado fue 29 y rojo 3,0
 - El índice de yodo promedio fue de 37,04
- Todos estos despachos tuvieron una excelente calidad, pero, no en todas las ocasiones fue tan sencillo obtenerla, pues en el caso de la variable de acidez

se presento que al final del proceso esta no cumplía con los requerimientos de la estearina para biocombustibles, pues los análisis no se le hicieron, por ende no se pudo notar la no conformidad. Al momento de darse cuenta de la baja calidad de esta estearina, fue necesario enviarla nuevamente a reprocesarla, pasando por blanqueo y refinación por segunda vez.

Al igual sucedió con la variable impurezas, que a pesar de los filtros de las tuberías de despacho de estearina, esta mantuvo un porcentaje de impurezas durante sus análisis de verificación de calidad antes del despacho, en este caso la refinadora C.I. FAMAR S.A., tuvo que reprocesar este producto pasándolo nuevamente por blanqueo y refinación. Lo que sucede con la estearina es que en el proceso de fraccionamiento por ser la estearina la parte solida, en la prensa recoge toda esa suciedad que no se elimino en el blanqueo.

A continuación se presenta la tabla No 9, donde se muestra las acciones a tomar cuando una variable no cumple los límites de calidad estipulados por el cliente:

Tabla 9: Recomendaciones en calidad no deseada.

VARIABLE INCUMPLIDA	¿QUE HACER PARA CORREGIR?
Acidez	Cuando una de esta 3 variables se incumple, se pueden tomar 2 opciones: La primera es aparatar el aceite y combinarlo hasta que de un resultado aceptable. Y la segunda en el caso que no tenga con que prepara la mezcla sería reprocesar el aceite, pasaría nuevamente por el proceso de refinación
Valor Peroxido	
Color	
Humedad	Difícil que se presente este caso, sin embargo la única acción a tomar sería refinarlo nuevamente
Punto de Fusión	Única solución: Mezclarlo con otro aceite hasta obtener el punto de fusión deseado.
Impurezas	Si los filtros de las tuberías de despacho no favorecieron, es recomendable reprocesar el aceite.

Fuente: Elaboración propia.

Es recomendable que la refinadora realice mantenimientos preventivos y cree una hoja de vida para cada maquina y equipo, de tal manera que se pueda observar la trazabilidad de la misma, y hacerle el seguimiento necesario para evitar que se obtengan calidades no deseadas por causa de mal funcionamiento del equipo.

Igualmente, se le recomienda al personal encargado de calidad que realicen una programación de análisis de laboratorio según el producto y especificaciones a despachar, pues no son los mismos requerimientos los de la estearina para biocombustibles que los de ésta para la margarina. Pues, de esta manera podrán realizar los análisis de forma asertiva, justo en el momento adecuado, y no se harán análisis sin necesidad, o se reprocesará (aumentarán los costos) por falta de ellos.

- Los análisis de calidad se realizan desde el momento en que llega el aceite crudo hasta su despacho, las muestras para ello se toman a:
 1. El aceite crudo de palma que llega a la refinadora, los análisis realizados son: % Acidez, % Impurezas, % Humedad y DOBI. Los laboratorios se deben hacer antes que el carrotanque descargue.
 2. El aceite que sale del proceso de blanqueo, a éste se le analiza la acidez, el color, la humedad y el valor del peróxido.
 3. El aceite RBD, se le realiza análisis de acidez, color, valor de peróxido, punto de fusión y organolépticos.
 4. La estearina antes de salir del filtro-prensa, se le realiza análisis de acidez, punto de fusión y color
 5. Cuando la estearina está en la tolva se le realizan los análisis anteriores, pero en esta ocasión se hace el organoléptico.

6. La salida del filtro-prensa la a oleína se le hacen análisis de acidez, color, cold-test, punto de fusión
7. Y en el despacho se le hacen tanto a la estearina como la oleína los análisis de acidez, humedad, impurezas, color, olor, sabor, punto de fusión, valor peróxido e índice de yodo, sin embargo a la oleína se le aplica uno adicional que es la prueba de coldtest.

Es muy importante que se sigan realizando en estos puntos, pero adicional a ello se debe manejar una programación para la estearina con la finalidad de biocombustible, con pruebas más frecuentes que se puede notar el funcionamiento de todo el proceso.

- Del proceso de refinación es importante resaltar la importancia del ácido cítrico, pues esta sustancia baja en cierta medida la acidez y el valor del peróxido.
- Por la información suministrada por los expertos, se pudo concluir que C.I. FAMAR S.A, cumple con los requisitos de calidad exigidos por Odín. Pero, a pesar de esta calidad a Odín se le hace necesario utilizar otros proveedores, que se mantienen como información confidencial por respeto y condiciones de a la compañía. Lo que sucede es que Famar no tiene la capacidad instalada para responder a la necesidad de este cliente y por estas razones Odín tiene que conseguir su materia prima en otro lugar,
- La empresa Odín realiza su compra de estearina a distintos proveedores, en su mayoría magdalenenses, pero esta compra se ve limitada porque el aceite refinado está muy escaso, entonces a estos les corresponde comprarle la materia prima al proveedor que primero la tenga.
- En el caso de la materia prima para la refinadora, esta tiene un contrato con la empresa Padelma, pues como son de los mismos dueños, todo el aceite

extraído de allí, debe ser refinado en Famar, sin embargo esa producción tampoco alcanza para suplir la necesidad de la refinado, por esta razón ésta también utiliza otros proveedores para así poder continuar con la producción, esos proveedores hacen parte en su mayoría del Magdalena, y en minoría del Cesar, y su escogencia depende de las condiciones del aceite requerido..

- A las refinadoras les surten el aceite crudo diariamente hasta que su capacidad de almacenamiento de 150ton/diaria se llene.
- En cuanto a uno de los planteamientos realizados, sobre si el aceite de palma producido en el departamento podrá manejar niveles de calidad que no solo optimicen sus propios niveles de competitividad sino también el de las generadoras de biocombustible, se puede decir que si es posible, solo que se hace indispensable una buena coordinación de las labores a lo largo de la cadena de aceite de palma, pues siempre y cuando se realicen las actividades de cultivo y cosecha a su tiempo, la extracción maneje niveles óptimos de calidad, a la refinadora se le entregará un crudo con condiciones adecuadas para llevar a cabo un proceso ligero, que mejore la calidad. Por otro lado la refinadora, puede mejorar su competitividad realizando seguimiento al proceso, de tal forma que se observe que puede fallar antes de que falle, y que se puede mejorar. Para esto debe realizar mantenimientos a las maquinas y equipos, y realizar una programación para el aceite utilizado en biocombustibles, para que así pudiera mejorar los niveles de calidad y vender un mejor producto que no exija en la producción de biocombustibles.
- De acuerdo a la pregunta del planteamiento: ¿cómo se sabrá si se está despachando aceite defectuoso al cliente y cuál es su proporción?. Actualmente, las refinadoras llevan un libro de despacho y realizan un informe quincenal para mejorar, en donde detallan la calidad del aceite despachado y

esta la conocen gracias a los análisis de laboratorios realizado a la hora de despachar el producto.

Con respecto a las hipótesis, se puede decir que:

Las refinadoras si tienen un control de métodos y tiempos, para controlar la calidad del producto, sin embargo es necesario que mejore su sistema de control para que no se presenten inconvenientes a lo largo del proceso, que genere actividades ociosas, por ende pérdida de tiempo, dinero, insumos, gastos administrativos.

Una de las hipótesis planteadas fue: Las refinadoras del Magdalena no tienen en mira el mercado de biocombustibles, sino que su meta es simplemente producir aceite sin importarle la real satisfacción del cliente.

Si bien es cierto, la refinadora C.I. FAMAR S.A. no tiene en mira el negocio de biocombustible, si le realiza ventas a este cliente, pero no le interesa, a pesar que este tema es nuevo, virgen en el mercado colombiano y esta teniendo un buen auge; esto no significa, que porque no le interese el mercado de biocombustible, tampoco le interesa satisfacer a este cliente, pues, a pesar del desinterés en esta rama, Famar tiene como política la satisfacción del cliente, tan es así que reproceso en varias ocasiones con el fin de entregar el producto que Odín deseaba.

Es muy cierto que las empresas de biocombustibles necesitan el aprovisionamiento de las extractoras y refinadoras de otros departamentos, puesto que las ubicadas en el departamento no tienen capacidad para satisfacer toda la demanda de la zona, la información de estos proveedores se los reservo Odín, sin

embargo nos aseguro que no todos sus proveedores eran de este departamento puesto que no tenían capacidad en ciertos momentos.

En cuanto a: “Lo más probable es que las productoras de biocombustible, tengan que adicionar procesos para normalizar y garantizar la calidad del biocombustible”. Esta hipótesis es falsa, debido a que la empresa de biocombustible no recibe el aceite a menos que éste realmente cumpla con la calidad deseada, es decir, no utilizan procesos adicionales, porque están preparados para trabajar con la calidad que le suministran.

10. PRESUPUESTO

El presupuesto necesario para la ejecución del proyecto es de \$1'239.000, y sus rubros se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 10: Presupuesto del Proyecto

Concepto del Rubro	Cant.	Unidad	Valor Unt.	Valor Total
Resma papel tamaño carta	3	Unid	10.000	30.000
Fotocopias	70	Unid	100	7.000
Desplazamientos (viáticos)	3	Personas	300.000	900.000
Consumo de electricidad	90	Kw	300	27.000
Cartuchos para impresora	2	Unid	30.000	60.000
Llamadas telefónicas	500	Minutos	150	75.000
Internet	4	Meses	10.000	40.000
Argollados, empastes, scanner, otros	Gl			100.000
TOTAL PRESUPUESTO				\$1'239.000

Fuente: Elaboración propia.

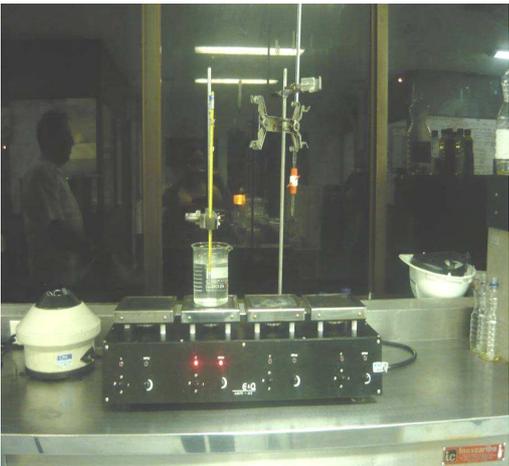
11. BIBLIOGRAFÍA

- 1) PROBLEMÁTICA DE LA ACIDEZ DEL ACEITE DE PALMA – ASPECTOS ECONOMICOS. De la pagina web: <http://www.gratisweb.com/palmaceite/acidezaceite.htm>
- 2) Biocombustibles. Proexport Colombia 2008. Disponible en: www.proexport.com.co
- 3) Colombia tendrá seis plantas de producción de biodiesel para el 2009. EL Portafolio, disponible en la página web: <http://www.portafolio.com.co/>
- 4) Higuera C. Oscar, Tristancho R. José, y otros. BIOCMBUSTIBLES Y SU APLICACIÓN EN COLOMBIA. Universidad Tecnológica de Colombia. Mayo de 2007
- 5) ENERGY INSTITUTE. PETROLEUM REVIEW. Suplemento Especial sobre nuevos combustibles. Septiembre 2005.
- 6) HORTA NOGUEIRA, L.A., Perspectivas de un Programa de Biocombustibles en América Central, informe preparado para la Unidad de Energía, CEPAL (subsede México), 2003
- 7) BIODIESEL - REFINACIÓN FÍSICA DE ACEITES. C. Gil S.A. De la página web: http://www.cgil.es/biodiesel/refinacion_fisica.php

- 8)** ASOCAÑA. Programa de biogasolina. Septiembre de 2005. Disponible en:
<http://www.minminas.gov.co/minminas/pagesweb.nsf?opendatabase>.
- 9)** TORRES Jaime. Et al. Estudio de la mezcla de gasolina con 10% de etanol anhidro. Evaluación de propiedades fisicoquímicas. Ciencia Tecnología y Futuro. Vol 2. Numero 3 Diciembre de 2002.
- 10)** MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Impacto de la biogasolina en la cadena de distribución y en el consumidor final. Septiembre 5 de 2005. Bogota D.C. Disponible en:
<http://www.minminas.gov.co/minminas/pagesweb.nsf?opendatabase>.
- 11)** ECOPETROL S.A. – ICP. Programa Nacional de Oxigenación de las Gasolinas con Etanol Anhidro. Efecto del Etanol sobre las Propiedades Físico Químicas de las Gasolinas Colombianas y desempeño en Motores y Vehículos. Disponible en:
<http://www.minminas.gov.co/minminas/pagesweb.nsf?opendatabase>.
- 12)** MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. La Resolución 18-0687 de Junio 17 de 2003. En:
http://www.mincomercio.gov.co/VBeContent/Documentos/Normatividad/resoluciones/2003/R_180687_2003.pdf#search=%22alcohol%20carburante%22

12. ANEXOS

**ANEXOS DE LOS LABORATORIOS REALIZADOS EN LAS INSTALACIONES
DE LA REFINADORA C.I. FAMAR S.A.**





INSTALACIONES DE LA REFINADORA C.I. FAMAR S.A.





Cuestionario a Refinadoras

Empresa
Representante:
Cargo:

Mes elegido como muestra representativa: Septiembre

1. Durante el mes de Septiembre cual fue el promedio de cada una de las variables de calidad del aceite que se vende a Biocombustibles.
2. Cuáles son los Procesos que se le dan al aceite requerido por biocombustible.
3. Diagrama de procesos establecido por la empresa
4. Cuáles son los análisis que realizan en laboratorios que le hacen a la estearina y oleína para asegurarse que la calidad cumple con las especificaciones del cliente.
- 5.Cuál es la variable de calidad más crítica o más difícil de controlar durante el proceso y por qué.
6. Si al terminar el proceso una de la variables de calidad no cumple con las especificaciones establecidas por el cliente ¿qué sucede con este producto? ¿se reprocesa hasta obtener la calidad requerida o se destina para otro uso?
7. En caso que les toque reprocesar el aceite, ¿Qué costo se genera?
8. Con que frecuencia y qué cantidad de aceite crudo les suministran para luego venderlo para la producción de biocombustible?
9. ¿cuáles son sus proveedores? Todos pertenecen al departamento del Magdalena? En el caso que todos no lo sean, porqué? (acaso éstas no abastecen la demanda, o es que tienen convenios con las de otros dptos)
10. Cuales son los niveles de calidad requeridos por ustedes para producir aceite RBD que será utilizado para biocombustibles?

11. Cuál fue el costo de producción de cada unidad refinada en ese mes? Y cuál fue su precio de venta?
12. Durante el mes de septiembre, con qué calidad (porcentajes de cada una de las variables) se vendió el aceite a las empresas de biocombustibles? Y ¿cuál fue la calidad mínima exigida por ellos en cada pedido?
13. Durante dicho mes, y en el transcurso del año, han existido momentos en los que NO han podido satisfacer la demanda del aceite apto para biocombustibles? En caso negativo, especificar el número de ocasiones y porque motivos no se satisfizo la demanda