



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DE ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA
SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL COMBUSTIBLE DE LA CALDERA DE UNA PLANTA
REFINADORA DE ACEITE PARA REDUCIR EL COSTO DE OPERACIÓN**

Shirley Gabriela Escobar Morán

Asesorada por el Msc. Ing. Mario Francisco Rousselin

Guatemala, febrero de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DE ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA
SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL COMBUSTIBLE DE LA CALDERA DE UNA PLANTA
REFINADORA DE ACEITE PARA REDUCIR EL COSTO DE OPERACIÓN**

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

SHIRLEY GABRIELA ESCOBAR MORÁN
ASESORADA POR EL MSC. ING. MARIO FRANCISCO ROUSSELIN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA QUÍMICA

GUATEMALA, FEBRERO DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

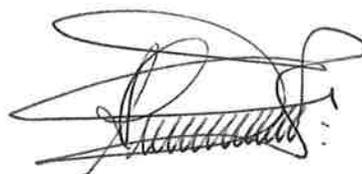
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía
EXAMINADOR	Ing. Adolfo Narciso Gramajo Antonio
EXAMINADOR	Ing. Victor Herbert de León Morales
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DE ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA
SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL COMBUSTIBLE DE LA CALDERA DE UNA PLANTA
REFINADORA DE ACEITE PARA REDUCIR EL COSTO DE OPERACIÓN**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Posgrado, con fecha 4 de febrero de 2013.



Shirley Gabriela Escobar Morán

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Teléfono 2418-9142

AGS-MGIPP-0025-2013

Guatemala, 04 de febrero de 2013.

Director:
Víctor Manuel Monzón
Escuela de Ingeniería Química
Presente.

Estimado Director:

Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del estudiante **Shirley Gabriela Escobar Morán** con carné número **1998-11885**, quien opto la modalidad del **“PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO”**.

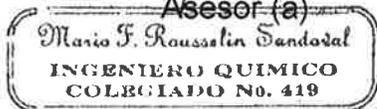
Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Sin otro particular, atentamente,

“Id y enseñad a todos”

Msc. Ing. Mario Francisco Rousselin S.

Asesor (a)



Msc. Ing. César Augusto Akú Castillo

Coordinador de Área
Gestión y Servicios

César Akú Castillo MSc.
INGENIERO INDUSTRIAL
No. 4,073

Dra. Mayra Virginia Castillo Montes

Directora

Escuela de Estudios de Postgrado



Cc: archivo
/la



El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación de la estudiante, **SHIRLEY GABRIELA ESCOBAR MORÁN** titulado: "**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DE ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL COMBUSTIBLE DE LA CALDERA DE UNA PLANTA REFINADORA DE ACEITE PARA REDUCIR EL COSTO DE OPERACIÓN**". Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química



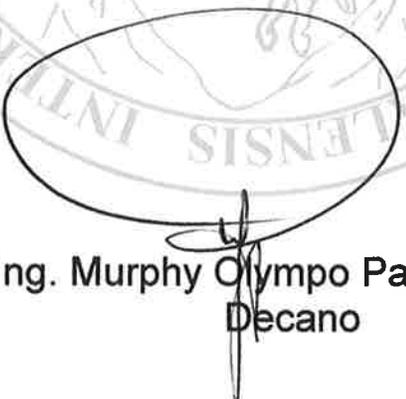
Guatemala, febrero 2013

Cc: Archivo
VMMV/ale



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DE ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL COMBUSTIBLE DE LA CALDERA DE UNA PLANTA REFINADORA DE ACEITE PARA REDUCIR EL COSTO DE OPERACIÓN**, presentado por la estudiante universitaria **Shirley Gabriela Escobar Morán**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, febrero de 2013

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.
Mis padres	Sergio Escobar y Zuly Morán de Escobar, por su ejemplo, apoyo y amor incondicional.
Mis hermanos	Pablo y Melanie Escobar, por su cariño y apoyo.
Mi abuelo	Carlos Morán (q.e.p.d.) por ser mi ejemplo de superación.
Mis abuelas	Maria Antonieta Pineda y Zoila Barrientos, por su cariño.
Mi novio	Victor Miguel Díaz, por su amor incondicional.
Mi amiga	Karla del Valle por compartir tantos años de alegrías y esfuerzo y por su cariño incondicional.
Mis amigos	Mónica Mendía, Silvana Mendizábal, Carol Godínez, Marvin Samayoa, Rodrigo Sagastume, Roswald Reyes y Guillermo Cotto por su sincera amistad.

AGRADECIMIENTOS A:

**La Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser una importante influencia en mi carrera profesional.

Facultad de Ingeniería

Muy agradecida por todas las enseñanzas de los catedráticos.

**Mis amigos de la
Facultad**

Por compartir gratos momentos conmigo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	III
GLOSARIO	V
RESUMEN.....	VII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. OBJETIVOS	5
4. JUSTIFICACIÓN	7
5. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	9
6. ALCANCE	11
7. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....	13
8. HIPÓTESIS	19
9. CONTENIDO.....	21
10. MÉTODOS Y TÉCNICAS.....	23
11. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	27

12.	RECURSOS NECESARIOS	29
13.	BIBLIOGRAFÍA	31

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

TABLAS

I.	Recursos	30
----	----------------	----

GLOSARIO

Aceite de palma	Aceite de origen vegetal obtenido del mesocarpio de la fruta de la palma <i>Elaeis</i> (<i>E. guineensis</i>).
Biomasa	Combustible que se obtiene de recursos biológicos como la madera, residuos agrícolas y estiércol.
Calor específico	Cantidad de calor necesaria para elevar un grado Celsius la temperatura de un gramo de la sustancia.
Capacidad calorífica	Cantidad de calor necesario para elevar un grado Celsius la temperatura de una cantidad determinada de sustancia.
Cascarilla de café	Es la capa exterior de la cereza del café
Palma africana	Cultivo con capacidad para tomar energía solar y transformarla en aceite vegetal.
Vapor	Gas que se puede condensar por presurización a temperatura constante o por enfriamiento a presión constante.

RESUMEN

Reducir el costo de operación de la caldera de una planta refinadora de aceite sustituyendo parcialmente el combustible utilizado por fibra de palma africana es una opción viable, si se considera que el combustible a sustituir es un desecho del proceso previo de extracción del aceite realizado por la misma empresa. El impacto de utilizar este desecho es favorable debido a que el costo de operación se verá afectado positivamente al reducir el costo de los combustibles usados.

Guatemala posee grandes extensiones de terrenos tropicales donde es posible cultivar palma africana, por lo tanto sacar el mayor provecho de sembrar esta planta y obtener aceite de ella, nos ofrece grandes beneficios tales como, materiales orgánicos utilizados como biocombustibles para la generación de vapor en calderas, desarrollo rural y empleo a largo plazo, ya que la vida útil de cada planta es de más de 25 años.

El material orgánico producto de la extracción de aceite se puede utilizar en la alimentación de la caldera utilizada en la refinería para reducir el costo de operación de la misma.

1. INTRODUCCIÓN

La presente investigación de estudio de factibilidad de la sustitución parcial de combustible de la caldera de una planta refinadora de aceite de palma africana, pretende reducir el costo de operación de la caldera, manteniendo la capacidad calorífica actual, mediante la sustitución parcial del combustible utilizado para la operación de la misma. El costo de operación de las calderas es elevado debido a los combustibles utilizados para la producción de vapor, esta investigación busca definir un método de sustitución parcial de dicho combustible por uno de costo más bajo que el actual, ya que dicho combustible es un residuo del proceso de cosecha y extracción de aceite de palma africana, por lo tanto a la empresa le cuesta solamente asumir el costo de la logística de traslado del lugar de origen hacia la planta refinadora.

La investigación se basa en la hipótesis que al sustituir parcialmente el combustible actual por fibra de palma africana, reducirá el costo de operación, sustentado en el marco teórico de la siguiente forma:

Capítulo 1. Se da a conocer la información general y los datos históricos de la palma africana, los productos obtenidos y las bondades de dicha planta. Estos datos permitirán conocer de dónde proviene la palma y cuáles son los beneficios que se puede obtener de ella.

Capítulo 2. Se explica el proceso agroindustrial de la palma africana, las condiciones necesarias para cosecharla, la tecnología de producción, la extracción del aceite como también los diferentes usos que tiene este proceso y por último los problemas ambientales.

Capítulo 3. Se detallan los principales países productores de palma africana y principales países exportadores de aceite de palma africana, dentro de los cuales se encuentra Guatemala, ya que posee grandes extensiones de terrenos tropicales donde ha sido posible sembrarla y cultivarla.

Capítulo 4. Se explica la función de una caldera de biomasa y sus ventajas e inconvenientes.

Capítulo 5. Se explica cómo determinar el calor específico y la capacidad calorífica de una caldera.

2. ANTECEDENTES

“El procesamiento del aceite de palma produce grandes cantidades de desperdicios sólidos, en la forma de hojas, racimos vacíos, fibras cáscaras y residuos de la extracción”. (Aceite de Palma. Obtenido el 28 de septiembre 2012 en <http://aceitepalmacolombia.blogspot>).

Los racimos contienen muchos alimentos recuperables, y pueden causar molestias y problemas, al tratar de desecharlos. Normalmente, las fibras, cáscaras y otros residuos sólidos se queman como combustible, para producir vapor.

En Guatemala existen plantas refinadoras de aceite de palma africana. Debido a que es un país tropical, tiene la ventaja de poder sembrar dicha planta que a la vez ha generado empleo en el área rural y sirve para el desarrollo de las comunidades. Las plantas refinadoras de aceite de palma africana se encuentran ligadas a dichas plantaciones, ya que éstas proveen la materia prima para la elaboración de aceites refinados. Las plantaciones actuales se encuentran en la parte sur del país, específicamente Escuintla y en la parte norte y nororiente – Petén e Izabal -.

En 2012 existen tres grandes compañías en Guatemala que se dedican a la refinación de aceites, sin embargo, en dichas plantas refinadoras se presentan diversos tipos de inconvenientes en el proceso operativo, dentro de los cuales se puede mencionar la acidez del aceite crudo de palma africana que produce la rancidez en el aceite refinado, el manejo de aguas resultantes del proceso, el vapor que debe generarse para el proceso, entre otros. Sin embargo

uno de los principales problemas que aborda ésta industria son los combustibles utilizados durante el proceso, específicamente en las calderas que generan el vapor para la operación de refinamiento.

“Entre otros usos, el aceite de palma, al igual la caña de azúcar o la soya, sirve para la producción de biocombustible”. (2010, Aceite de Coco. Obtenido el 27 de septiembre de 2012 en: <http://www.conacoco.com.mx>). Los combustibles más comunes que actualmente se utilizan son fósiles y por lo tanto provienen de recursos no renovables y su costo es elevado, debido a esto ha sido necesario buscar alternativas que sustituyan los combustibles utilizados en la actualidad. Por la alta demanda de los combustibles fósiles, la industria se ha visto obligada a buscar alternativas de combustibles de materiales renovables, a raíz de éstas investigaciones se ha determinado que los combustibles orgánicos procedentes de diferentes cultivos -- dentro de los cuales se pueden mencionar la cascarilla de café, el bagazo de la caña de azúcar y la fibra de palma africana --son de menor costo que los fósiles y son fuentes renovables.

3. OBJETIVOS

General

Evaluar la sustitución parcial del combustible de la caldera de una planta refinadora de aceite de para reducir el costo de operación.

Específicos

1. Determinar el costo actual del combustible utilizado en la caldera de una planta refinadora de aceite.
2. Determinar el costo actual del combustible sustituto a utilizar en la caldera de una planta refinadora de aceite.
3. Definir el porcentaje de sustitución de combustible a utilizar en la mezcla de la alimentación de la caldera sin afectar el rendimiento actual de la misma para reducir el costo de operación.

4. JUSTIFICACIÓN

Esta investigación es importante porque en las plantas refinadoras de aceite existe la necesidad de conocer información científica referida a la utilización de otras formas de operar una caldera con biocombustibles. Servirá como referencia para empresarios dedicados al manejo de dichas refinadoras.

De ésta forma se generará una metodología que permita reducir los costos de operación en las calderas y por lo tanto los costos del proceso de producción del aceite refinado, así también se estaría utilizando la fibra de palma africana que es un desecho del proceso de extracción de aceite de los cultivos de dicha planta que existen en Guatemala.

La necesidad de éste trabajo es porque será de beneficio para todos los consumidores finales de aceite, ya que el costo de dicho producto será menor al actual debido al decremento en el costo de producción, también se generarán empleos en las áreas rurales donde se siembra dicha planta.

5. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Debido a que no existen estudios específicos para la reducción de costo de operación de calderas de biomasa, en Escuintla se encuentra una planta refinadora de aceite que presenta el problema de alto costo en la alimentación de combustibles de la caldera que utilizan para generar vapor para el proceso.

Esto se debe a que el costo del combustible que se utiliza actualmente es elevado porque está en un grado alto de disponibilidad solamente ciertos meses del año, mientras que los meses restantes no es de fácil adquisición por lo que se eleva su precio. El combustible utilizado es cascarilla de café.

De tal forma, se ha decidido usar un combustible orgánico (llamado también biocombustible), específicamente fibra de palma africana, en un porcentaje dentro de la mezcla de alimentación de la caldera, que reduzca el costo actual de biomasa de la misma. Esta planta refinadora se encuentra ubicada en el departamento de Escuintla. Todo esto conduce a realizar las siguientes preguntas:

- a. ¿Es posible disminuir el costo de operación actual de la caldera sustituyendo parcialmente el combustible utilizado por fibra de palma africana?
- b. ¿Qué costo tiene el combustible utilizado en la caldera en el 2013?
- c. ¿Qué costo tiene el combustible propuesto para la sustitución parcial?
- d. ¿Qué porcentaje parcial de combustible debe sustituirse en la mezcla de alimentación para la operación de la caldera, de tal forma que se reduzca el costo de operación sin afectar el rendimiento actual de la misma?

Esta investigación se llevará a cabo en una planta refinadora de aceite ubicada en el departamento de Escuintla kilómetro 60,5 carretera antigua a Puerto San José, en un estudio realizado durante los meses de enero a abril del 2013.

6. ALCANCE

El alcance de esta investigación es presentar un estudio de diseño para la reducción del costo de operación de la caldera sustituyendo parcialmente el combustible utilizado por fibra de palma africana. Las limitantes para poder realizar dicho estudio es que solamente se cuenta en planta con una caldera de biomasa.

La implementación y evaluación del estudio dependerá de los directivos de la empresa, ya que será necesario invertir capital.

7. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

CAPÍTULO 1

En el capítulo 1 se hace referencia a la información general de la palma africana, los productos obtenidos y las bondades de dicha planta. Estos datos permitirán conocer de donde proviene la palma y cuáles son los beneficios que podemos obtener de ella.

“La palma aceitera o palma africana es un cultivo sin comparación por su habilidad para tomar la energía solar y transformarla en aceite vegetal”. (Alnicolsa del Perú S.A.C. (2011). Aceite de palma, usos, orígenes e impactos. Obtenido el 25 de septiembre de 2012 en: <http://taninos.tripod.com/aceitepalma.htm>). Tarda entre 2 y 3 años para empezar a producir fruto y puede hacerlo durante más de 25 años. Esta planta posee bondades que otros cultivos no, ya que puede obtenerse beneficio de la misma por más de 25 años si se cultiva y mantiene de forma adecuada.

El aceite de palma se trata de un aceite de origen vegetal obtenido del mesocarpio de la fruta de la palma *Elaeis* (*E. guineensis*); este aceite es considerado como el segundo más ampliamente producido sólo superado por el aceite de soya. 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 grandes cantidades de vitamina E.

La palma aceitera fue introducida en Malasia en 1870 como planta ornamental y los primeros intentos de establecer grandes plantaciones

fracasaron en ese país, hasta después de la primera Guerra Mundial, aprovechando las experiencias obtenidas en las plantaciones de Sumatra. En el Continente Americano las primeras plantaciones fueron establecidas en la década de 1940.

“Para los países tropicales, la palma de aceite (*Elaeis guineensis*) representa una alternativa de excelentes perspectivas para el futuro. Este cultivo produce 10 veces más del rendimiento de aceite proporcionado por la mayoría de los otros cultivos oleaginosos, y con materiales genéticos más recientes la diferencia en rendimiento es cada vez mayor y los problemas de salud achacados a las grasas hidrogenadas tendrán que abrirle paso al aceite de palma para la fabricación de productos a base de grasa vegetal” (Amatller Dávila, 2000). En Guatemala se tienen las condiciones necesarias para cultivar la palma y obtener el cien por ciento de los beneficios que posee. En Latinoamérica Colombia y Guatemala son grandes productores de palma africana por sus características tropicales.

CAPÍTULO 2

En el capítulo 2 se explica el proceso agroindustrial de la palma africana, las condiciones necesarias para cosecharla, la tecnología de producción, la extracción del aceite como también los diferentes usos que tiene este proceso y por último los problemas ambientales.

La palma de aceite es un cultivo perenne y de tardío y largo rendimiento ya que la vida productiva puede durar más de 50 años, pero desde los 25 se dificulta su cosecha por la altura del tallo.

El procesamiento de los frutos de la palma de aceite se lleva a cabo en la planta de beneficio o planta extractora. Ahí se desarrolla el proceso de extracción del aceite crudo de palma y de las almendras o del palmiste. Este es un proceso simple que consiste en esterilizar los frutos, desgranarlos de racimo, macerarlos, extraer el aceite de la pulpa, clarificarlo y recuperar las almendras del bagazo resultante.

De la almendra se obtienen dos productos: el aceite de palmiste y la torta de palmiste que sirve para alimentos concentrados de animales.

Al fraccionar el aceite de palma se obtienen también 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 grasas, principalmente margarinas y jabones.

“Todas las partes de la palma se utilizan, por lo tanto no hay desperdicios que contaminen”. (Fedepalma. La palma de aceite. Obtenido el 18 de enero del 2013 en: <http://www.fedepalma.org/palma.htm>). En el proceso se utiliza toda la fruta, aceite, racimos, almendras o palmiste, y fibra. Los racimos como la fibra se utilizan como combustible orgánico para calderas, el aceite se puede vender crudo o refinado y de la almendra se obtiene aceite y torta de palmiste que también se vende. Por lo tanto se utiliza el fruto en su totalidad, no genera desperdicios.

“El procesamiento del aceite de palma produce grandes cantidades de desperdicios sólidos, en la forma de hojas, racimos vacíos, fibras cáscaras y residuos de la extracción”. (Aceite de palma. Obtenido el 28 de septiembre de 2012 en <http://aceitepalmacolombia.blogspot>). Estos residuos sólidos se

utilizan como combustible orgánico para las calderas utilizadas en las extractoras o refinadoras.

En la actualidad, el cultivo de la palma de aceite está asociado a graves problemas sociales y ambientales, que no son causados por el árbol en sí mismo, sino por el modo en el que está siendo implantado.

En este sentido, “el boom del aceite de palma a gran escala a nivel mundial tiene serias repercusiones sobre los bosques tropicales, sus habitantes y su biodiversidad”. (Pacheco, M. (2011). Palma africana. Obtenido el 24 de septiembre de 2012 en <http://palmaafricanaunipaz.blogspot.com>). Sin embargo una correcta planificación y mantenimiento hace que la palma sea un cultivo que genera grandes ingresos para las regiones donde se cosecha.

CAPÍTULO 3

En el capítulo 3 se detallan los principales países productores de palma africana y principales países exportadores de aceite de palma africana, dentro de los cuales se encuentra Guatemala, ya que posee grandes extensiones de terrenos tropicales donde ha sido posible sembrarla y cultivarla. También cabe mencionar que la siembra de esta planta provee trabajo y desarrollo para las comunidades que se encuentra cerca de las plantaciones.

CAPÍTULO 4

En el capítulo 4 se explica la función de una caldera de biomasa y sus ventajas e inconvenientes.

Una caldera de biomasa es un intercambiador de calor en el que la energía se aporta por un proceso de combustión de la biomasa. Las calderas de biomasa se emplean para la calefacción doméstica y para la producción de calor industrial.

“En la combustión de biomasa se libera CO₂ a la atmósfera, el mismo CO₂ que absorbió de la atmósfera durante su crecimiento, si se trata de materia orgánica vegetal, o que absorbieron las plantas que ingirió, si se trata de materia orgánica animal: Balance Neutro de sus Emisiones de CO₂”. (Ingeniería Eficiencia Energética & Gestión de la Innovación. Biomasa. Obtenido el 26 de septiembre de 2012 en: <http://www.incoeva.com>).

La biomasa se define como el combustible que se obtiene de recursos biológicos como la madera, residuos agrícolas y estiércol. La energía de la biomasa proviene en última instancia del sol.

“El contenido energético de la biomasa se mide en función del poder calorífico del recurso”. (Agencia Insular de la Energía de Tenerife, (2011). Ciclos energías renovables, jornadas de biomasa. Obtenido el 26 de septiembre de 2012 en: <http://www.agenergia.org>).

La principal ventaja del uso de biomasa es que es una fuente de energía inagotable y no contaminante y se tiene un gran excedente en el país.

Una desventaja es que los canales de distribución de la biomasa no están tan desarrollados como los de los combustibles fósiles.

La productividad de una empresa se ve determinada por varios factores, incluyendo los del proceso en sí. En la generación de vapor de un proceso de

refinación de aceites, se pueden desarrollar mejoras al proceso buscando reducir costos e incrementando las ganancias de la empresa. La evaluación de proyectos industriales puede ser una herramienta que ayude a estudiar los problemas que enfrentan las empresas y proponer métodos de mejora que sean factibles de implementar.

CAPÍTULO 5

En el capítulo 5 se explica cómo determinar el calor específico y la capacidad calorífica de una caldera.

“El calor específico (s) de una sustancia es la cantidad de calor necesaria para elevar un grado Celsius la temperatura de un gramo de la sustancia y la capacidad calorífica (C) de una sustancia es la cantidad de calor necesario para elevar un grado Celsius la temperatura de una cantidad determinada de sustancia”. (Naso, C. Termometría y calorimetría. Obtenido el 28 de septiembre de 2012 en: <http://www.cam.educaciondigital.net>).

“El calor específico es una propiedad intensiva (no depende de la cantidad de sustancia presente), en tanto que la capacidad calorífica es una propiedad extensiva (si depende de la cantidad de sustancia presente). La relación entre la capacidad calorífica y el calor específico de una sustancia es:

$$C = ms$$

Donde m es masa de la sustancia en gramos”. (Gas Natural Fenosa (2012). Calderas de Biomasa. Obtenido el 10 de enero de 2013 en: <http://www.empresaeiciente.com>).

8. HIPÓTESIS

El porcentaje de fibra de palma africana utilizado en la mezcla de combustibles reducirá el costo de operación de la caldera.

- Variable independiente: sustitución de combustible (porcentaje de fibra de palma africana en la mezcla de combustible).
- Variable dependiente: reducción del costo de operación de la caldera.

9. CONTENIDO

LISTA DE SÍMBOLOS

LISTA DE TABLAS

GLOSARIO

INTRODUCCIÓN

1. INFORMACIÓN GENERAL DE LA PALMA AFRICANA
 - 1.1. Historia general
 - 1.2. Datos generales

2. PROCESO AGROINDUSTRIAL DE LA PALMA AFRICANA
 - 2.1. Proceso agroindustrial
 - 2.2. Condiciones edafoclimáticas
 - 2.3. Tecnología de producción
 - 2.4. Cultivo o mantenimiento
 - 2.5. Fertilización
 - 2.6. Cosecha
 - 2.7. Industria del aceite de palma
 - 2.8. Usos comestibles
 - 2.9. Problemas ambientales

3. PAÍSES PRODUCTORES Y EXPORTADORES DE PALMA AFRICANA
 - 3.1. Principales países productores de palma africana
 - 3.2. Principales países exportadores de aceite de palma

4. CALDERAS DE BIOMASA
 - 4.1. La biomasa como combustible
 - 4.2. Consumo de biomasa
 - 4.3. Ventajas
 - 4.4. Inconvenientes
 - 4.5. Aplicaciones generales
 - 4.6. Calderas automáticas de biomasa

5. CALOR ESPECÍFICO Y CAPACIDAD CALORÍFICA
 - 5.1. Calor específico
 - 5.2. Capacidad calorífica

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

10. MÉTODOS Y TÉCNICAS

El tipo de diseño de la investigación es experimental, ya que se manipulará intencionalmente una variable del proceso. En este caso el costo de operación de la caldera en función del combustible utilizado.

Se realizarán cuasiexperimentos en donde variarán únicamente las cantidades de combustibles utilizados, manteniendo los demás parámetros fijos. Permitirá determinar la capacidad calorífica de la caldera en base a la mezcla de combustible utilizada.

La muestra no probabilística será la caldera de biomasa de la planta refinadora de aceite de una de las 3 empresas existentes en Guatemala.

Las técnicas a utilizar para la obtención y análisis de los datos serán la experimentación y tabulación de datos en una matriz comparativa.

Para el objetivo específico 1:

Determinar el costo por quintal del combustible utilizado actualmente por medio de la cotización de los diferentes proveedores.

Para el objetivo específico 2:

Determinar el costo por quintal del combustible sustituto a utilizar. El costo será lo que cueste transportar del lugar de origen de la fibra de palma africana hacia donde se va a utilizar. En este caso, desde finca Pataxte, El

Estor Izabal y finca Yalcobé, Fray Bartolomé de las Casas Alta Verapaz, hacia el kilómetro 60 carretera vieja a Puerto San José en Escuintla.

Para el objetivo específico 3:

Determinar la capacidad calorífica de la caldera utilizando el combustible actual. Para esto es necesario conocer el poder calorífico del combustible y la cantidad utilizada en un período de tiempo determinado.

Realizar corridas sustituyendo un combustible por otro en diferentes proporciones.

Determinar la capacidad calorífica de la caldera en cada corrida. Para esto es necesario conocer la capacidad de proceso, el poder calorífico de ambos combustibles y el porcentaje de cada uno en la mezcla.

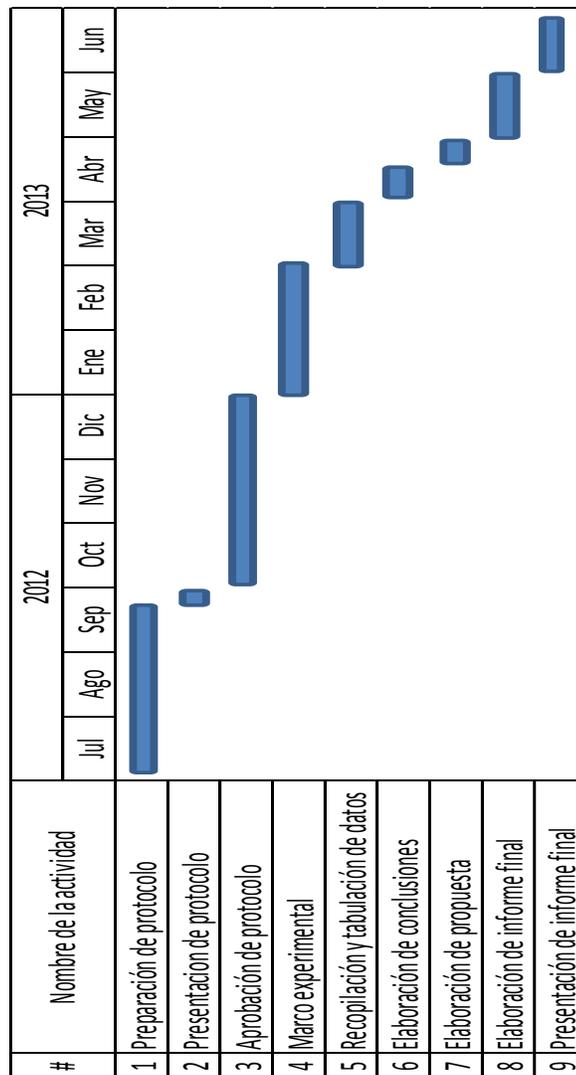
Elaborar un cuadro comparativo que incluya para cada corrida los siguientes datos:

- Tipo de combustibles
- Costo de combustibles por quintal
- Cantidad de combustible (quintales) en la mezcla
- Porcentaje de combustible presente en la mezcla
- Poder calorífico de cada combustible
- Capacidad calorífica de la mezcla
- Costo total de combustibles por corrida

En base a los resultados obtenidos en la tabla, determinar la combinación de combustibles utilizados que proporcione la capacidad calorífica deseada a un menor costo, comparado con el costo y la capacidad calorífica actual.

11. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

En el siguiente diagrama se presenta la propuesta para el desarrollo de este estudio, asignando un tiempo predeterminado para cada actividad. La gráfica del tiempo facilita el entendimiento del desarrollo del mismo.



12. RECURSOS NECESARIOS

Para poder alcanzar los objetivos propuestos en estudio es necesaria la utilización suministros, y para una mejor cuantificación de los mismos de hace una diferenciación entre recursos humanos, financieros y físicos.

Recursos humanos

- Gerente técnico de planta refinadora.
- Operario especializado en la operación de la caldera.
- Gerente de planta extractora de aceite de palma africana.
- Operario especializado en el despacho de la fibra de palma africana de la extractora a la refinería.
- Transportista contratado para trasladar la fibra de palma africana de un lugar a otro.
- Asesor de tesis especializado en el área de producción.
- Ingeniero encargado del trabajo de investigación.

Recursos materiales

- Caldera de biomasa de planta refinadora
- Camión para traslado de fibra de palma africana
- Fibra de palma africana
- Cascarilla de café

Recursos financieros

Tabla I. **Recursos**

Material	Unidad de Medida	Costo Unitario (Q/u)	Cantidad	Costo Total (Q)
Cascarilla de Café	Quintales	37,00	200	7 400,00
Fibra de Palma Africana	Quintales	17,50	40	700,00
Gasolina	Galones	36,00	10	360,00
Pago de Asesor		2 500,00	1	2 500,00
Total				10 960,00

Fuente: elaboración propia.

La empresa donde se realizará la investigación proporcionará la cascarilla de café y la fibra de palma africana, debido a que busca obtener un ahorro en la operación de la caldera y este trabajo de investigación ayudará a realizar la propuesta a la Alta Gerencia.

13. BIBLIOGRAFÍA

1. (2010). *Aceite de coco* [en línea]. [ref. de 27 de septiembre de 2012]. Disponible en Web: <<http://www.conacoco.com.mx>>
2. *Aceite de Palma* [en línea]. [ref. de 28 de septiembre de 2012]. Disponible en Web: <<http://aceitepalmacolombia.blogspot>>
3. Agencia Insular de la Energía de Tenerife, (2011). *Ciclos Energías Renovables, Jornadas de Biomasa* [en línea]. [ref. de 26 de septiembre de 2012]. Disponible en Web: <<http://www.agenergia.org>>
4. Alnicolsa del Perú S.A.C. (2011). *Aceite de Palma, usos, orígenes e impactos* [en línea]. [ref. de 25 de septiembre de 2012]. Disponible en Web: <<http://taninos.tripod.com/aceitepalma.htm>>
5. AMATLLER, G., Dávila, A. (2000). *Procesamiento de Aceite Rojo de Palma Africana *Elaeis guineensis* J.A.C.Q. para consumo humano en frituras*. Costa Rica, Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda.
6. *Base de datos de producción mundial y comercio internacional de Palma Aceitera y Aceite de Palma* [en línea]. [ref. de 28 de septiembre de 2012]. Disponible en Web: <<http://apps.fao.org/faostat>>
7. Fedepalma. *La Palma de Aceite* [en línea]. [ref. de 18 de enero de 2013]. Disponible en Web: <<http://www.fedepalma.org/palma.htm>>

8. GARCÉS, R., Martínez, S. *Estudio del Poder Calorífico del Bagazo de Caña de Azúcar en la Industria azucarera*. Guatemala.
9. Gas Natural Fenosa (2012). *Calderas de biomasa* [en línea]. [ref. de 10 de enero de 2013]. Disponible en Web: <<http://www.empresaeficiente.com>>
10. Ingeniería Eficiencia Energética & Gestión de la Innovación. *Biomasa* [en línea]. [ref. de 26 de septiembre de 2012]. Disponible en Web: <<http://www.incoeva.com/images/2123.pdf>>
11. Ministerio de Economía, Inversión y Competencia (2007). *Desarrollo de Biocombustibles en Guatemala* [en línea]. [ref. de 1 de febrero de 2013]. Disponible en Web: <<http://ceur.usac.edu.gt/Biocombustibles>>
12. NASO, C. *Termometría y Calorimetría* [en línea]. [ref. de 28 de septiembre de 2012]. Disponible en Web: <<http://www.cam.educaciondigital.net>>
13. PACHECO, M. (2011). *Palma africana* [en línea]. [ref. de 24 de septiembre de 2012]. Disponible en Web: <<http://palmaafricanaunipaz.blogspot.com>>
14. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) / Consejo Nacional de Energía (CONERG) / Ministerio de Energía y minas (MEM) (2004). *Fuentes nuevas y renovables de energía, proyecto PER/86/011* [en línea]. [ref. de 1 de febrero de 2013]. Disponible en Web: <<http://www.fao.org>>

15. SUAREZ, E., Cortéz, M., Viatcheslav, K., Machado, J. Demandas investigativas con vista a las producciones de biocombustibles [en línea]. [ref. de 28 de septiembre de 2012]. Disponible en Web: <<http://web.ebscohost.com/ehost/>>
16. SURRE, C., Ziller, R. (1969). *La Palmera de Aceite*. Barcelona: Editorial Blume.
17. TURRINI, E. (1999). *El camino del sol. Un desafío para la humanidad a las puertas del tercer milenio*. Cubasolar.