

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
Facultad de Ciencias y Humanidades

COPIA  
UNICA

PREFACTIBILIDAD TECNICA DE  
LA REFINACION DEL ACEITE  
DE PALMA EN GUATEMALA

PEDRO MUADI MENENDEZ

Informe de Trabajo Profesional Supervisado  
presentado para optar al grado académico de

LICENCIATURA EN INGENIERIA QUIMICA

Guatemala

1985

(f)

Ingeniero Oscar Gil  
Asesor

Tribunal:

(f)

Ingeniero Oscar Gil

(f)

Ingeniera Elvira de Mejía

(f)

Ingeniero Oscar Maldonado

Fecha de Aprobación: 28 de octubre de 1985

## CONTENIDO

Resumen .....	1
Introducción .....	2
1. Materia Prima y Producto .....	3
1.1. Materia Prima .....	3
1.1.1. Generalidades .....	3
1.1.2. Caracterización del Aceite de Palma.....	4
1.2. Producto.....	5
2. Alternativas Tecnológicas .....	6
3. Descripción de la Alternativa Tecnológica Seleccionada .....	10
3.1. Detalle del Proceso .....	10
3.1.1. Desgomado .....	10
3.1.2. Blanqueo .....	10
3.1.3. Neutralización .....	11
3.1.4. Deodorización .....	11
3.1.5. Reblanqueo .....	11
3.1.6. Interesterificación .....	12
3.2. Evaluación de los datos obtenidos en el refinamiento y su comparación con los datos obtenidos en la literatura .....	12
3.2.1. Desgomado .....	12
3.2.2. Blanqueo .....	12
3.2.3. Neutralización .....	13

3.2.4.	Deodorización .....	13
3.2.5.	Interesterificación .....	14
3.2.6.	Rendimientos .....	15
4.	Tamaño y Localización de la Planta .....	18
5.	Descripción del Proceso de Producción .....	20
5.1.	Recepción y Almacenamiento .....	20
5.2.	Desgomado .....	22
5.3.	Blanqueo .....	22
5.4.	Neutralización .....	22
5.5.	Deodorización .....	23
5.6.	Reblanqueo .....	23
5.7.	Interesterificación .....	24
5.8.	Diagramas de Flujo y operaciones & Diagrama de Distribución en Planta .....	24
5.9.	Selección y Especificación del Equipo .....	24
5.9.1.	Equipo de Proceso .....	25

## Apendices

1. Caracterización del Aceite de Palma .....	27
2. Análisis de Localización y Tamaño de Planta ....	34
3. Resultados Obtenidos en Refinamientos a Nivel Laboratorio .....	36
4. Tanque de Almacenaje de Aceite Crudo y Tanque de Almacenaje de Aceite Refinado .....	39
5. Tanque de Interesterificación y Tanque de Alma- cenaje Temporal .....	46
6. Reactor de Blanqueo, Neutralización y Desgomado..	52
7. Filtros .....	55
8. Deodorizadores .....	57
Bibliografía .....	65

## RESUMEN

El presente estudio surgió ante la posibilidad planteada por la Asociación Nacional del Café para instalar una planta refinadora del aceite de palma que actualmente se produce en el país. La idea original era de mantener la inversión inicial en el menor monto posible, así como diseñar y fabricar la mayor parte del equipo en el país.

El propósito del presente informe es de analizar la factibilidad técnica de refinar el aceite de palma en nuestro país y de hacer un diseño preliminar de el equipo necesario para dicho refinamiento.

Para determinar dicha factibilidad, se siguieron los siguientes pasos:

- 1.) Caracterización Química del Aceite Crudo.
- 2.) Análisis y selección del proceso adecuado para las condiciones del país.
- 3.) Refinación del aceite a nivel laboratorio empleando el proceso seleccionado.
- 4.) Diseño del equipo necesario para dicho refinamiento.

## INTRODUCCION

El objetivo general del presente informe es de evaluar la factibilidad técnica de la refinación del aceite de palma africana en nuestro país y hacer un diseño preliminar del equipo necesario para dicho refinamiento.

En muchos países el aceite de palma se utiliza para el consumo humano, ya que, en términos económicos, es el que proporciona el mayor rendimiento de aceite por unidad de área cultivada. Este no es el caso en Guatemala, donde el uso de aceite se da principalmente en dietas para animales y en las industrias de jabones.

Actualmente, y ante el descenso en el área de cultivo de algodón, se hace crítica la disponibilidad de aceite comestible en el país, lo que ha obligado a aumentar el monto de las importaciones de aceite comestible muy por encima de las de los años anteriores.

Esta situación obliga a la búsqueda de nuevas fuentes de aceites comestibles, y es aquí donde la refinación del aceite de palma tiene un papel importantísimo.

Para el refinado se pueden seguir dos procesos:

- a) Refinado Químico      b) Refinado Físico

Sin embargo, los niveles de producción que actualmente posee el país obligan a que el refinado sea del tipo químico y en forma intermitente.

#### 1. Materia Prima y Producto

- 1.1.                    Materia Prima  
1.1.1.                Generalidades

El aceite de Palma se extrae de la pulpa, la cual posee 15-20% de aceite y 45-50% de fibras celulósicas. Tiene un color naranja oscuro debido principalmente a la presencia de carotenoides. A temperatura ambiente es semi-sólido y se separa en estearina sólida y oleína líquida. Tiene la siguiente composición de ácidos grasos: 1-3% de mirístico, 34-43% de palmítico, 3-6% de esteárico, 38-40% oleico y 5-11% de linoleico.

Su contenido de carotenoides es de 0.04-0.12%, siendo un 40% tipo alfa y 60% tipo beta, los cuales le dan su color característico. También tiene un 0.05% de alfa tocoferoles los cuales son antioxidantes naturales.

## 1.1.2. Caracterización de aceite de palma crudo

Para tener una base de cálculo para el equipo de refinación y con el fin de caracterizar el aceite se realizaron las determinaciones cuyos resultados se detallan a continuación ( los procedimientos se especifican en el apéndice No. 1 )

1. Color ( AOCs Cc 13c-50 )	3.988 ± 0.001
2. Índice de refracción a 25°C ( AOCs Cc 10a-25 )	1.4645 ± 0.0005
3. Espectro de absorción infrarrojo ( Kates 1972, Lichtfield 1972 )	ver apéndice No. 1
4. Valor de Yodo ( AOCs Cd 1-25 )	49 ± 2
5. Valor de Saponificación ( AOCs Cd3-25 )	196 ± 1
6. Valor de acidez ( AOCs Cd 3a-63 )	12.9 ± 0.2

## 1.2. Producto

El producto será un aceite blando, incoloro, estable y comestible. Será adecuado para consumo doméstico, para la manufactura de margarinas y pastelerías.

Sus buenas propiedades físicas y su estabilidad oxidativa, hacen a este aceite adecuado para las frituras y la fabricación de bocadillos. Además de ser estable e insípido, no forma espuma y no forma capa sobre las frituras y bocadillos.

Comparandolo con el aceite de soya y otros similares, su tasa de absorción en los alimentos es relativamente baja; es decir, la cantidad de aceite que queda en los alimentos es menor.

## 2. Alternativas Tecnológicas

Algunos de los métodos usuales para la refinación del aceite crudo están ilustrados en la figura 1. El proceso a usar depende en gran medida de la calidad del aceite crudo. Sin embargo, con la mayoría de los aceites se puede lograr una calidad satisfactoria por cualquiera de los métodos; satisfactoria en el sentido que el aceite puede usarse en uno u otro de sus usos finales. Un buen aceite dará el mismo color por cualquier ruta que se procese. En la práctica, no obstante, debe escogerse el más económico de los procesos y que al mismo tiempo produzca aceite de la calidad deseada.

La diferencia en costos será producto de la diferencia en las pérdidas de aceite en las diferentes etapas del proceso, siendo el blanqueo y la neutralización las mayores fuentes de pérdidas.

El método I muestra el típico método de refinamiento químico, blanqueo con calor, formulación y deodorización directamente después del blanqueo.

El problema de este método, además de las pérdidas de refinamiento, es la necesidad de un blanqueo con calor para lograr el color adecuado para una determinada formulación.

Lo adecuado sería hacer un blanqueo normal y en la misma deodorización lograr el color final.

El segundo método es adecuado para procesar grandes volúmenes de aceite puro y deodorizado. Debe realizarse un pre-tratamiento con ácidos inorgánicos y tierras de blanqueo antes del refinamiento físico. El refinado físico también deodoriza el aceite. El mayor inconveniente de este método es la gran cantidad de tierras activadas que requiere.

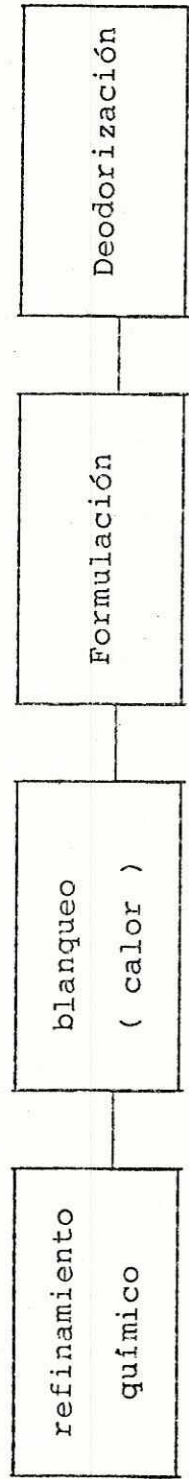
Los métodos III y IV son más convencionales y sustituyen el refinamiento químico por refinamiento físico. Debe utilizarse un pre-tratamiento antes del refinado físico. Presentan la ventaja de maximizar la efectividad del blanqueo con tierras y también eliminan la incertidumbre acerca de cual será el color final.

En los métodos I y II, el color final no puede determinarse hasta que el aceite ha sido deodorizado. El método II requiere por lo menos un 200% adicional de tierras para lograr colores equivalentes a los logrados por los métodos III y IV.

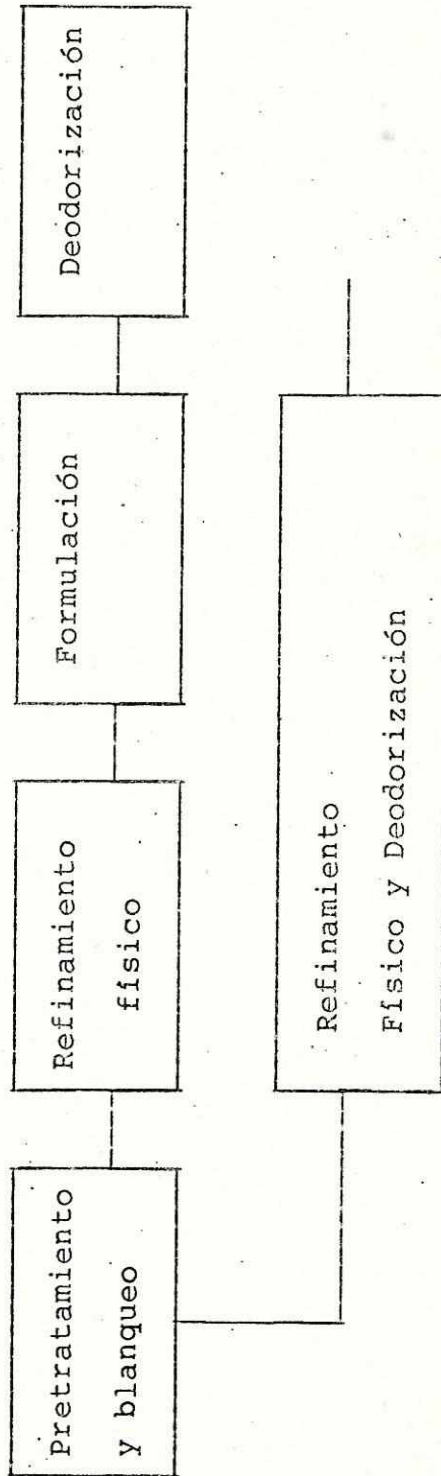
FIGURA 1

MÉTODOS USUALES DE REFINAMIENTO

Método I

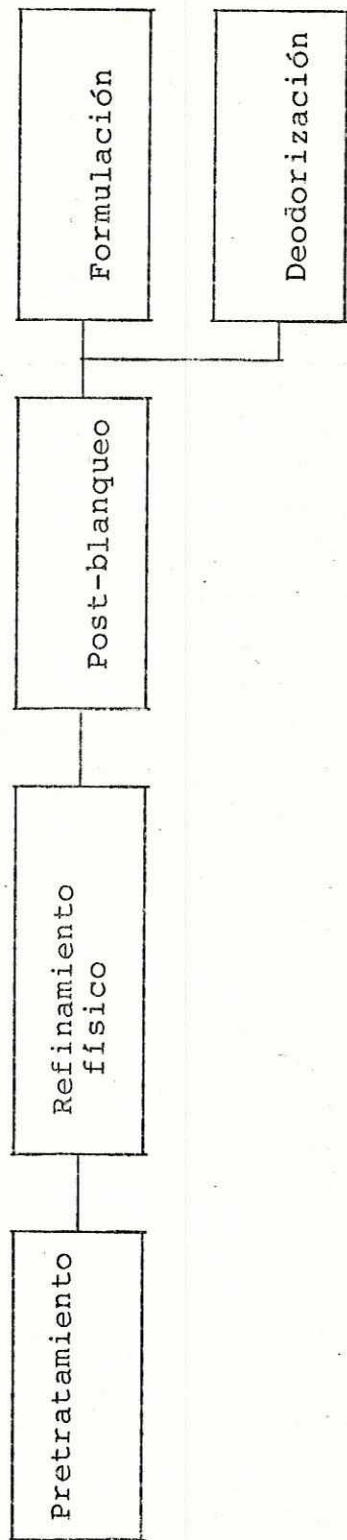


Método II

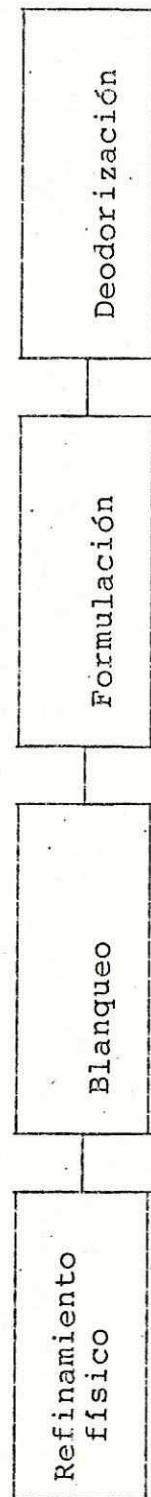


MÉTODOS USUALES DE REFINAMIENTO

Método III



Método IV



### 3. Descripción de la alternativa Tecnológica seleccionada<sup>10</sup>

Debido a la poca disponibilidad de materia prima y al bajo costo de inversión requerido, se eligió el proceso típico de refinamiento químico, blanqueo con tierras y deodorización en proceso por tandas.

#### 3.1. Detalle del Proceso

El proceso se detalla a continuación en forma general:

##### 3.1.1. Desgomado

- a) preparar una solución de ácido fosfórico al 80%.
- b) Adicionar 0.05% en peso de la solución de ácido al aceite a 85-90°C y con agitación leve. Mantener la agitación por 20 minutos.
- c) Descantar las gomas.

##### 3.1.2. Blanqueo

- a) Adicionar un 2% en peso de tierras activadas "Tonsil Optima FF" ó "Fulmont AA" ó "BB" al aceite a 100°C y con agitación leve. Mantener la agitación y temperatura de 70°C por 30 minutos.
- b) Hacer una filtración rápida de modo que no se solidifique el aceite.

- a) Preparar una solución de NaOH al 10% en peso.
- b) Calcular la cantidad de soda necesaria para la neutralización y agregar un exceso del 10 - 20% en peso.
- c) Calentar el aceite a 70°C y adicionar la solución de soda en lluvia y con agitación leve. El tiempo de contacto debe ser corto.
- d) Si se forma emulsión debe agregarse un volumen de solución saturada de cloruro de sodio.
- e) Se mantiene el aceite a 60°C hasta que precipiten todos los jabones, o se separe el aceite de la solución salina y se procede a decantar.
- f) Filtrar el aceite en caliente para eliminar los jabones que puedan quedar en solución.

3.1.4. Deodorización

- a) Calentar el aceite a 216°C y 3-4 mm Hg de presión absoluta por un tiempo de dos horas.

3.1.5. Reblanqueo

- a) Si no se ha logrado un color adecuado, adicionar un 1% en peso de tierras activadas al aceite a 85°C y con agitación leve por 20 minutos.

## 3.1.6. Interesterificación

- a) Mantener el aceite a 38°C por 24 horas.
- b) Filtrar para separar la fase sólida.

Para determinar los parámetros de cálculo para el equipo, se realizó el proceso a nivel de laboratorio y los resultados obtenidos se muestran en el apéndice No. 3.

## 3.2. Evaluación de los datos obtenidos en el refinamiento y su comparación con los datos obtenidos en la literatura.

## 3.2.1. Desgomado

Las pérdidas por el desgomado no están reportadas en la literatura. No obstante, en la práctica se pudo determinar que las pérdidas son mínimas si se hace una decantación cuidadosa.

## 3.2.2. Blanqueo

No. Muestra	% recuperación practica	% recuperación teórica
1	79.2	99.4 <sup>1</sup>
2	79.6	99.4 <sup>2</sup>
3	79.7	
4	78.9	
% recuperación usado para el diseño = 90.4		
% pérdidas = 9.6		

## 3.2.3. Neutralización

No. Muestra	% recuperación práctica	% recuperación teórica
1	83.0	87.9
2	83.2	
3	83.1	
4	82.8	
% recuperación usado para el diseño = 85.5		
% pérdidas + soapstock = 14.5		

## 3.2.4. Deodorización

No. Muestra	% recuperación práctica	% recuperación teórica
1	96.0	99.5 <sup>1</sup>
2	95.1	99.0 <sup>2</sup>
3	96.4	
4	96.4	
% recuperación usado para el diseño = 98.4		
% pérdidas = 1.6		

## 3.2.5. Interesterificación

No. Muestra	% recuperación practica	% recuperación teórica
1	68.1	65 <sup>1</sup>
2	67.9	
3	66.6	
4	67.4	
% recuperación usado para el diseño = 66.25		
% oleina + pérdidas = 33.75		

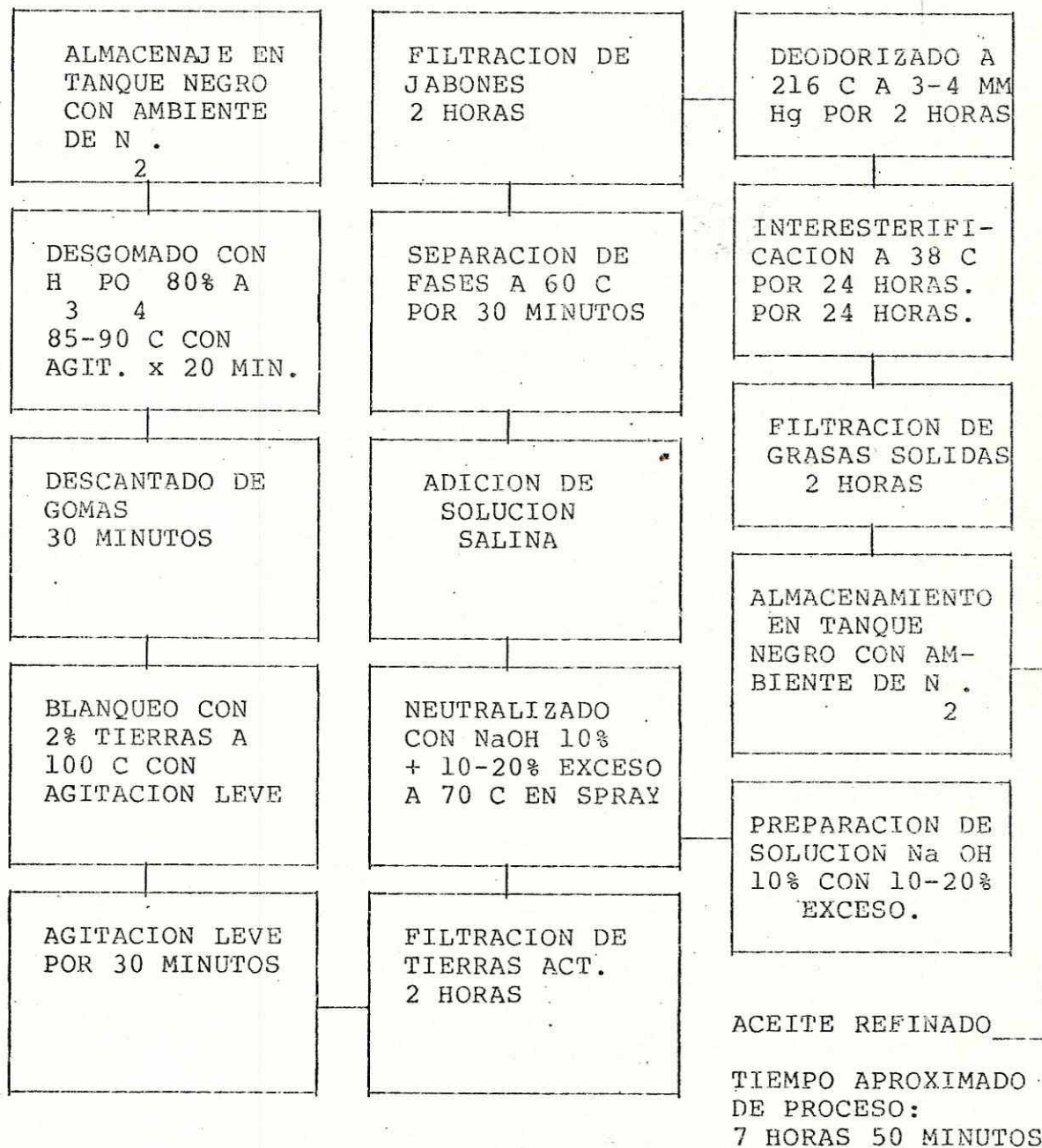
### 3.2.6. Rendimientos

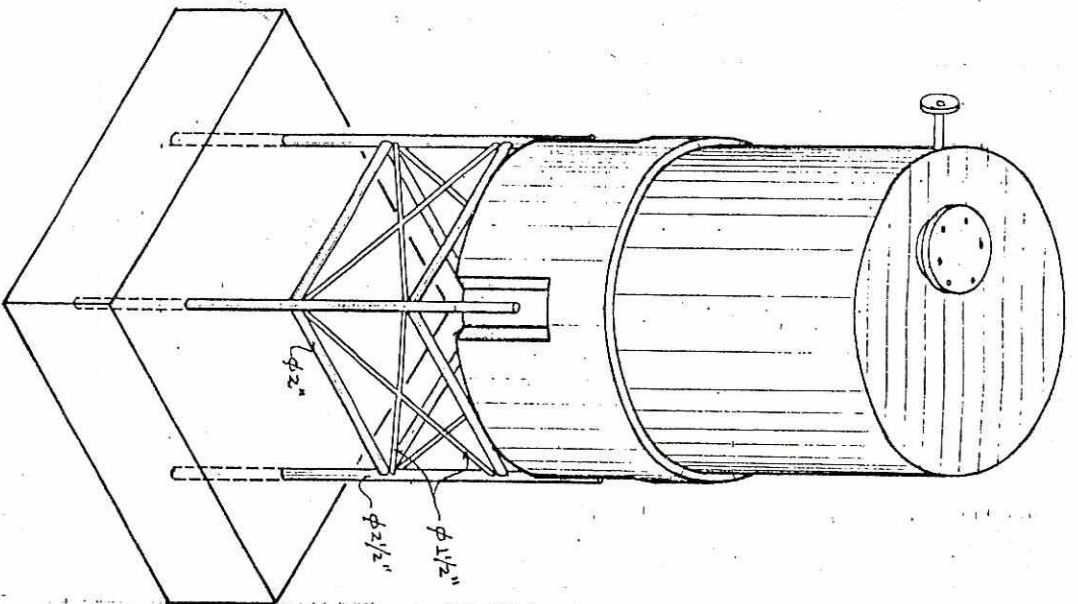
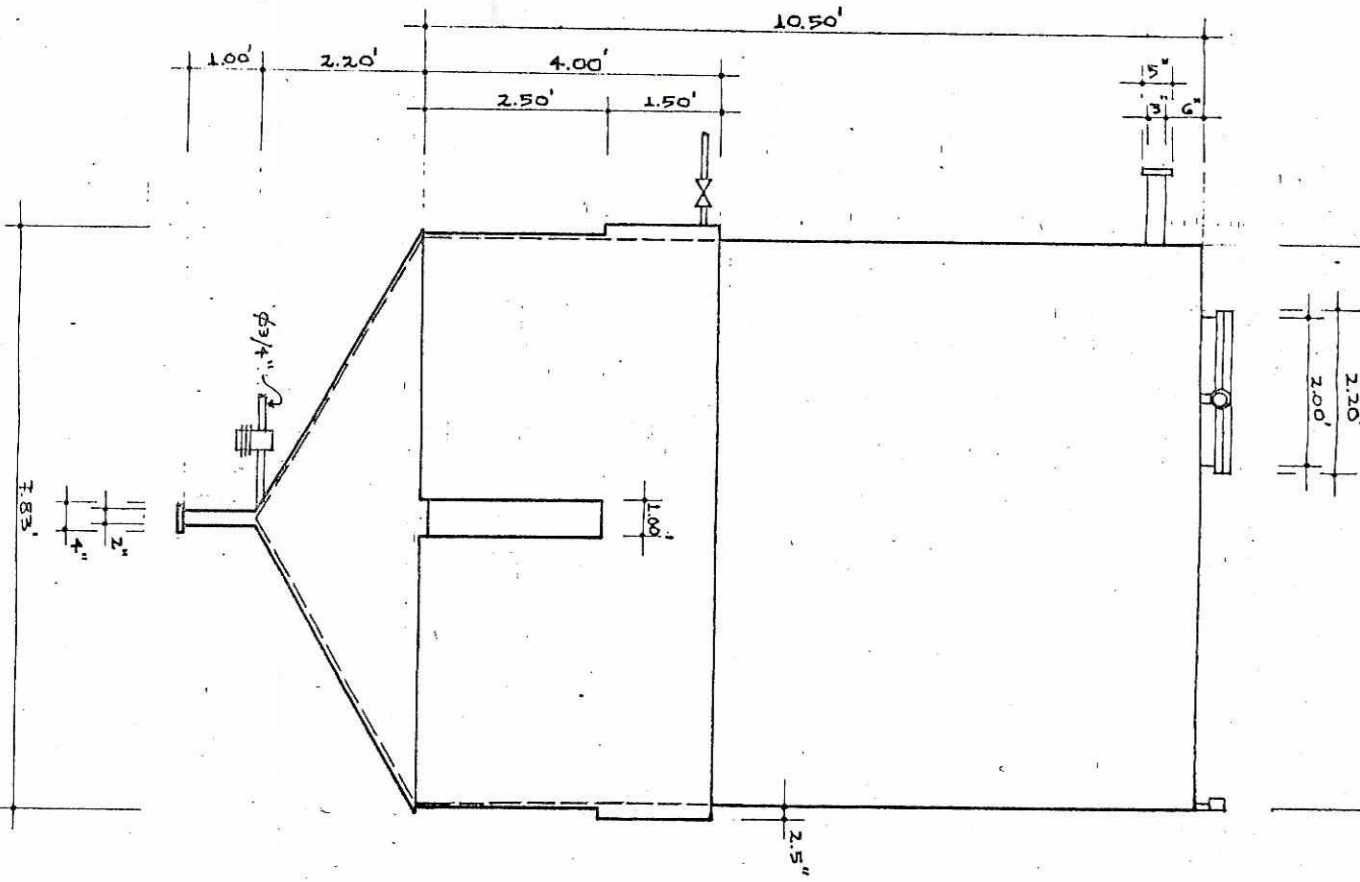
Los valores reportados como porcentaje de recuperación usado para el diseño son el resultado de haber promediado los datos de recuperación práctica con el número de juegos de datos reportados que sea necesario para que se tenga el mismo número de datos prácticos como de datos reportados en cada parte del proceso.

A continuación se presenta el cálculo de los porcentajes de recuperación total del proceso de refinado, calculado como la multiplicación de todos los porcentajes de recuperación parciales.

Recuperación total de aceite líquido refinado	=	50.37 %
Recuperación total de jabones secos	=	13.11 %
Recuperación total de oleina	=	25.67 %
Recuperación total	=	89.15 %

Diagrama # 1

DIAGRAMA DE BLOQUES



TAN  
 INTER  
 TAN  
 ALV  
 EL T  
 RO LA  
 BLE  
 EL R  
 COL B  
 CARB  
 PARA  
 PE 2  
 LAS  
 TUBO  
 JUCLIN  
 CAT

#### 4. Tamaño y Localización de la Planta

Al momento de elaborar el presente informe, existen en el país dos plantas extractoras de aceite crudo. Ambas son exactamente iguales, con una capacidad de 1.5 Tm/Hr cada una. Una planta está localizada en la tinta, Alta Verapaz y la otra en Nuevo San Carlos, Retalhuleu.

Esto plantea dos posibilidades con respecto a la refinación:

- 1) Establecer dos plantas, localizadas en las inmediaciones de las plantas extractoras y con capacidad de procesar 1.5 Tm/Hr de aceite crudo cada una.
- 2) Establecer una sola planta con capacidad de 3 Tm/Hr de aceite crudo.

Los mayores centros de consumo serán la ciudad de Guatemala con 1,800,000 habitantes y la ciudad de Escuintla con 400,000 habitantes. Guatemala consumiría entonces el 81.18% de la producción y Escuintla el 18.18% de la misma.

Evaluando los costos de transporte para ambas alternativas, se obtiene que al instalar dos plantas de 1.5 Tm/Hr adyacentes a las plantas extractoras, el costo es de Q 165,000. /año; y si se tiene una sola planta de 3 Tm/Hr localizada entre Guatemala y Escuintla, el costo del transporte del producto sería de Q 230,000 / año.

La diferencia es de Q 65,000 / año. El análisis detallado de esta evaluación se encuentra en el apéndice No. 2. El costo del transporte del producto no es el único parámetro a evaluar, mas sin embargo, se considera que es el más importante.

En conclusión, lo más indicado es instalar dos plantas, de 1.5 Tm/Hr de aceite crudo, adyacentes a las plantas extractoras. Esta alternativa, además podría implicar un ahorro en la inversión inicial, ya que podrían utilizarse obras civiles y servicios ya existentes en las plantas extractoras.

## 5. Descripción del Proceso de Producción

### 5.1. Recepción y Almacenamiento

#### a) Aceite de Palma Crudo

El aceite de palma crudo puede enviarse desde la planta extractora por medio de una tubería con calentamiento y que descargue en el tanque de almacenamiento de aceite crudo.

Este tanque puede almacenar la producción de cinco días de la planta extractora. Tiene un volumen de 2275 pies<sup>3</sup> y debe ser totalmente hermético para que pueda mantenerse un ambiente de nitrógeno dentro de él. La especificación del tanque y un diagrama del mismo pueden verse en el apéndice No. 4

El aceite crudo debe muestrearse a intervalos de 12 horas y determinar su número ácido.

#### b) Otros reactivos

Debe usarse solución de soda Caústica al 10%. El ácido fósforico debe ser al 85% y luego diluirlo a 80%. Las tierras de infusorios deben ser "Tonsil Optima FF" ó "Fulmont AA" ó "BB". Los métodos de control de calidad para la recepción de estos materiales son los normales.

## 5. Descripción del Proceso de Producción

### 5.1. Recepción y Almacenamiento

#### a) Aceite de Palma Crudo

El aceite de palma crudo puede enviarse desde la planta extractora por medio de una tubería con calentamiento y que descargue en el tanque de almacenamiento de aceite crudo.

Este tanque puede almacenar la producción de cinco días de la planta extractora. Tiene un volumen de 2275 pies<sup>3</sup> y debe ser totalmente hermético para que pueda mantenerse un ambiente de nitrógeno dentro de él. La especificación del tanque y un diagrama del mismo pueden verse en el apéndice No. 4

El aceite crudo debe muestrearse a intervalos de 12 horas y determinar su número ácido.

#### b) Otros reactivos

Debe usarse solución de soda Caústica al 10%. El ácido fósforico debe ser al 85% y luego diluirlo a 80%. Las tierras de infusorios deben ser "Tonsil Optima FF" ó "Fulmont AA" ó "BB". Los métodos de control de calidad para la recepción de estos materiales son los normales.

## 5.2. Desgomado

Para el desgomado debe calentarse la tanda de 26400 lb de aceite crudo en 85-90°C. Ya a esta temperatura se adicionan 1320 lb de ácido fosfórico al 80% en peso y se permite la agitación por 20 minutos. Al detenerse la agitación se iniciará la precipitación de las gomas, las cuales se decantan.

Este proceso se lleva a cabo en un reactor, el cual se diagrama y se especifica en el Apéndice No. 6.

## 5.3. Blanqueo

En el mismo reactor, se eleva la temperatura del aceite ya desgomado a 100°C con agitación leve. Se agregan 528 lb de tierras "Tonsil Optima FF" ó "Fulmont AA" ó "BB". al terminar la adición, se baja la temperatura hasta 70°C y se mantiene por 30 minutos con agitación.

Posteriormente, debe realizarse una filtración rápida de modo que no se solidifique el aceite. La especificación del filtro se muestra en el Apéndice No. 7.

## 5.4. Neutralización

El aceite ya filtrado se descarga en el tanque de almacenaje especial (Especificación y diagrama en el Apéndice No. 5) y de este tanque se regresa al reactor.

Ya con el número ácido del aceite, se calcula la cantidad estequiométrica necesaria para la neutralización y se adiciona un 10-20% en peso de exceso.

Se calienta el aceite a 70°C y se adiciona la solución de soda en lluvia y con agitación leve. El tiempo de contacto debe ser corto. Si se forma una emulsión debe agregarse un 10% del volumen de solución saturada de sal.

Se mantiene el aceite a 60°C hasta que precipiten los jabones o se separe el aceite de la solución salina y se procede a decantar. En el filtro especificado en el Apéndice No. 7, se filtra el aceite para separar los jabones que puedan quedar.

#### 5.5. Deodorización

El aceite filtrado se descarga en dos deodorizadores, los cuales se diagraman y se especifican en el Apéndice No. 8. El aceite sera calentado a 216°C a 3-4 mm Hg de presión absoluta con vapor vivo y chaqueta por un tiempo de 2 horas. El vacio se logra con un sistema de tres eyectores de vapor con intercondensadores y condensador barométrico.

#### 5.6. Reblanqueo

Si no se ha logrado un color adecuado, despues de la deodorización, debe regresarse el aceite al reactor y calentarlo a 85°C. Se agregan 264 lb de tierras activadas y se mantiene la temperatura y agitación por 20 minutos. Se filtra de nuevo el aceite de la misma forma que en el blanqueo.

### 5.7. Interesterificación

En un tanque de Interesterificación especificado en el Apéndice No. 5 se mantiene el aceite a una temperatura de 38°C por 24 horas. Posteriormente se filtra y se separan las fases. La fase líquida se almacena en un tanque especificado en el Apéndice No. 4.

### 5.8. Diagramas de Flujo, Operaciones y Diagrama de Distribución de Planta

El proceso descrito en la sección precedente se conceptúa en una forma simplificada en los diagramas de bloque y de flujo ( diagramas 1 & 2 ) presentados en la sección 4. de este informe. De la misma forma, el diagrama 3 presenta la distribución del equipo principal necesario para la refinación del aceite de palma.

### 5.9. Selección y Especificación del Equipo

Las características físicas y químicas del aceite de palma hacen que el refinamiento del mismo sea relativamente sencillo. Además, el bajo volumen de producción elimina una serie de alternativas tecnológicas más modernas que presentarían mayor dificultad en la selección y especificación del equipo. Por las razones anteriormente presentadas y por la idea de mantener la inversión inicial al mínimo, se procedió a diseñar la parte del equipo de proceso que es posible construir en Guatemala. Diseños y especificaciones de este equipo pueden verse en los Apéndices adjuntos a este informe.

- \* 1 tanque de almacenaje de aceite crudo con capacidad de 2588.8 pies<sup>3</sup>, de acero inoxidable, hermético y con serpentín de calentamiento.
- \* 1 reactor con una capacidad de 455.17 pies<sup>3</sup>, de acero inoxidable, fondo cónico, con agitador y chaqueta de vapor.
- \* 2 filtros prensa, con 40 platos de 30 x 30 pulgadas y 324.3 pies<sup>2</sup> de área.
- \* 1 tanque de almacenaje especial con capacidad de 514.9 pies<sup>3</sup>, de acero inoxidable, enchaquetado y de fondo cónico.
- \* 2 deodorizadores de 257.4 pies<sup>3</sup> de volumen, de acero inoxidable, con anillos de refuerzo, serpentín de calentamiento y distribuidor de vapor vivo.
- \* 1 tanque de interesterificación con capacidad de 514.9 pies<sup>3</sup>, de acero inoxidable, fondo cónico y pintura exterior negra.

- \* 1 tanque de almacenaje de aceite refinado con capacidad de 2588.8 pies<sup>3</sup>, de acero inoxidable y fondo cónico.
- \* 1 caldera de 300 bhp para 150 lb/pulg.<sup>2</sup> y 450 f.
- \* 3 bombas de desplazamiento positivo con 10 hp de potencia y 37.5 gpm.
- \* 2 bombas centrífugas de 7.5 hp de potencia y 100 gpm.

APENDICE No. 1

Caracterización del Aceite de Palma

Se usarón los siguientes métodos para la caracterización del aceite de palma:

1) Color

Se realizó una dilución de 1 ml de aceite en 175 ml de acetona ( grado reactivo ). Se colocó la muestra en un espectrofotómetro debidamente calibrado para leer absorbencias a 469, 550, 620 y 670 nm. El color fotométrico se calculó con la ecuación:

$$\begin{aligned} \text{Color Fotometrico:} & \quad 1.29 A_{460} + 69.7 A_{550} + 41.2 A_{620} \\ & \quad - 56.4 A_{670} \end{aligned}$$

2) Índice de Refracción

Una gota de aceite se colocó en el prisma de un refractómetro previamente calibrado y ajustado a una temperatura de  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ . Se esperó el equilibrio térmico y se leyó el índice en la escala. Se informó el promedio de varias determinaciones.

3) Espectro de Absorción Infrarrojo

Una gota de aceite se colocó en una celda de cloruro de potasio. La celda se colocó en un espectrofotómetro previamente calibrado con poliestireno y se midió su espectro.

## 4) Valor de Yodo

Muestras de una masa conveniente ( aprox. 0.2100 gr ) se disolvieron en 20 ml de tetracloruro de carbono. Se agregaron 25 ml de solución de Wijs, se mezcló y se guardó en un lugar oscuro a temperatura controlada (  $25 \pm 5^{\circ}\text{C}$  ).

Después de 5 minutos se agregarán 20 ml de KI ( 150 gr/lt ) y 100 ml de agua destilada. La solución resultante se tituló con tiosulfato de sodio 0.1 N con agitación continua y vigorosa. Se tituló hasta que el color amarillento desapareciera casi por completo. Se agregó entonces 1-2 ml de solución de almidón y se tituló hasta que desapareció el color azul. Dos blancos se llevarán simultáneamente. El valor de yodo se calculó con la siguiente fórmula:

$$\text{Valor de Yodo : } \frac{12.9 ( B - S ) N}{\text{masa de la muestra}}$$

Donde: B = Titulación del blanco

S = Titulación de la muestra

N = Normalidad del tiosulfato de sodio

## 5) Valor de Saponificación

Se saponificaron 4 a 5 gr de muestra con 50 ml de KOH ( 27 gr de KOH por litro de etanol ) por una hora en reflujo. El producto saponificado se tituló con HCl 0.5 N debidamente estandarizado. Se calentó de nuevo a reflujo y se volvió a titular cualquier coloración roja que se hubiera formado. El valor de saponificación se calculó con la ecuación:

$$\text{Valor de Saponificación} = \frac{56.1 \text{ N ( B - S )}}{\text{masa de la muestra}}$$

donde = B = Titulación del blanco

S = Titulación de la muestra

N = Normalidad del HCl

## 6) Valor de Acidez

Aproximadamente 5 gr de muestra se diluyeron en caliente en 75-100 ml de alcohol etílico 95% neutral y se tituló con KOH 0.5 N ( debidamente estandarizado ) hasta el viraje de la fenolftaleína. El valor ácido se calculó con la formula:

$$\text{Valor Acido} = \frac{56.1 \text{ T N}}{\text{peso de la muestra}}$$

Donde = T = ml de titulante

N = Normalidad de sol. de KOH

## Resultados:

1) Color =  $3.988 \pm 0.001$ 

Longitud de Onda ( nm )	Absorbancia $\pm 0.001$
469	1790
550	0.024
620	0.007
670	0.005

2) Índice de Refracción a  $25^{\circ}\text{C}$  =  $1.4645 \pm 0.0005$ 

No. de Corrida	Índice $\pm 0.0005$ a $25^{\circ}\text{C}$
1	1.4645
2	1.4645
3	1.4645

## 3) Espectro de Absorción Infrarrojo

Ver graficas adjuntas

Frecuencia cm <sup>-1</sup>	Grupo Funcional	No. en Espectro
3250-3450	-OH	1
2970-2990	-CH *	2
2925	<sup>3</sup> -CH -*	3
2875-2900	<sup>2</sup> -CH Δ	4
2800-2850	<sup>3</sup> -CH - Δ	5
1690-1740	<sup>2</sup> -C=O	6
1650	0 -C=C-	7
1450	-CH -	8
1370	<sup>2</sup> -CH	9
1230	<sup>3</sup> R-C(CH ) -R	10
1150-1160	<sup>3 2</sup> ester, b-insaturado	11
1090-1120	ester prim.o sec.	12
720	-(CH ) -- (o mas) <sup>2 7</sup>	13

Δ = Simétricos

\* = Asimétricos

4) Valor de Yodo =  $49 \pm 2$

B = 119.9 ml  $\pm 0.05$

1

B = 120.8 ml  $\pm 0.05$

2

S = 112.6 ml  $\pm 0.05$

N = 0.100 N  $\pm 0.05$

Masa de muestra = 0.2 gr  $\pm 0.05$

5) Valor de Saponificación =  $196 \pm 1$

B = 36.4 ml  $\pm 0.05$

S = 1.4 ml  $\pm 0.05$

N = 0.47 N  $\pm 0.05$

Masa de muestra = 4.7 gr  $\pm 0.05$

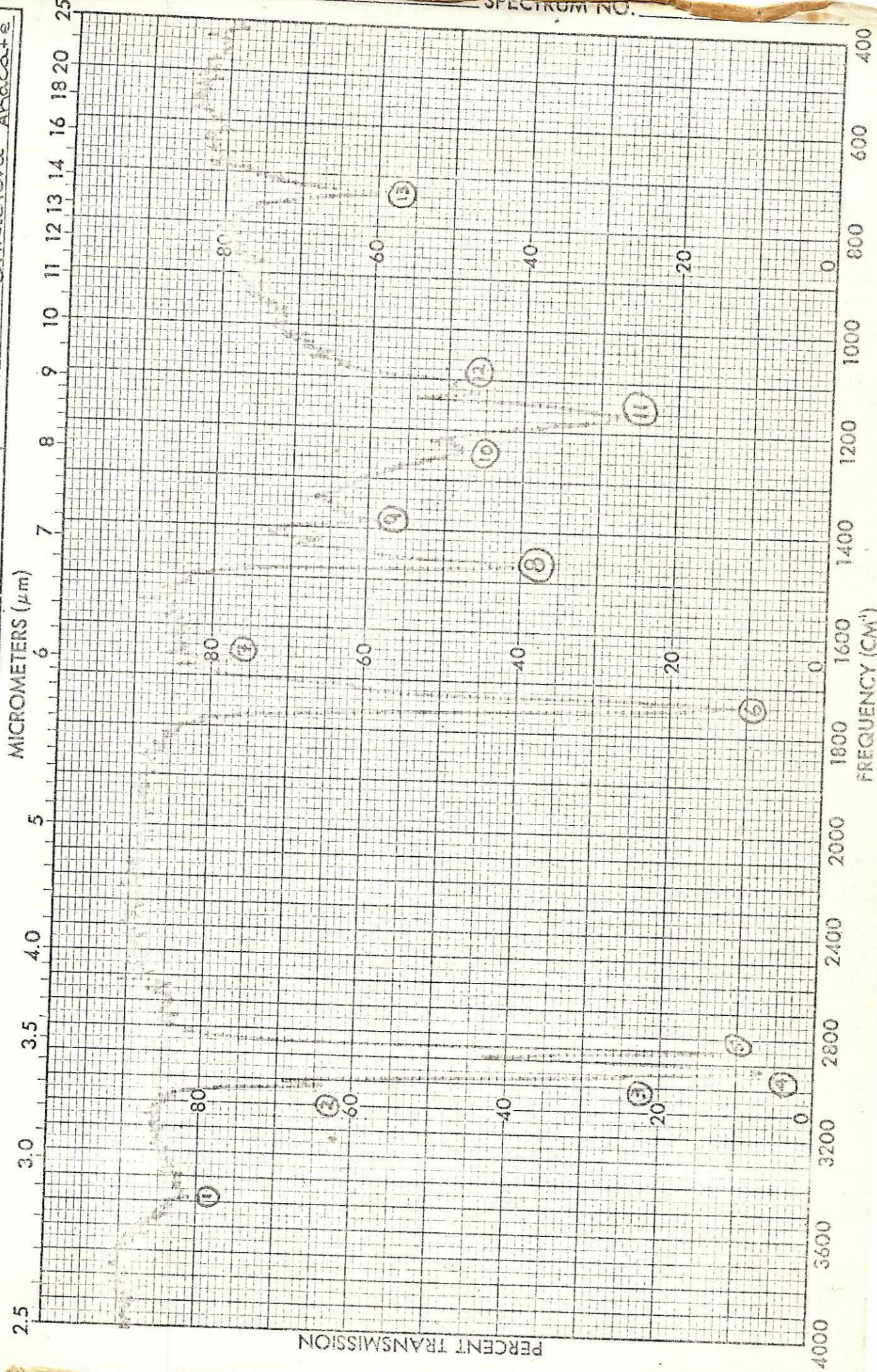
6) Valor Acido =  $12.9 \pm 0.2$

T = 2.2 ml  $\pm 0.05$

N = 0.512 N  $\pm 0.03$

Peso de la muestra = 4.9 gr  $\pm 0.05$

CONCENTRATION _____	SCAN MODE	ACCY. <input type="checkbox"/>	SURVEY <input type="checkbox"/>	SPECTRUM NO. <u>1</u>
THICKNESS _____	HI ENERGY <input type="checkbox"/>	HI ENERGY <input type="checkbox"/>	CAL. <input type="checkbox"/>	SAMPLE <u>Aceite de Palma</u>
PHASE _____	RESOLUTION <input checked="" type="checkbox"/>	RESOLUTION <input checked="" type="checkbox"/>		<u>Africana</u>
REMARKS _____	OPERATOR _____	DATE <u>3-8-84</u>		ORIGIN <u>Planta Extractora Anacafe</u>



Análisis de Localización y Tamaño de Planta

\* Evaluación de costos de transporte para dos plantas localizadas en las inmediaciones de las plantas extractoras

Bases de Cálculo:

+ Costo de transporte = Q 0.10/ TM-Km

+ 1 año = 360 días

+ Producción por planta = 4320 TM/año de aceite crudo  
 = 2175.98 TM/año de aceite refinado líquido  
 = 1108.94 TM/año de aceite refinado sólido  
 = 566.35 TM/año de jabones

La producción total de la planta de La Tinta, A. V. se dedicará al mercado de la ciudad capital. La producción de la planta de Nuevo San Carlos, Retalhuleu cubrirá el 18% del mercado que corresponde a Escuintla y el resto completa la demanda de la Capital.

+ Costos de transporte para la planta de La Tinta

El total del producto transportado es de 3851.28 TM/año, todo destinado a la capital. El costo será entonces

3851.28 TM/año x Q 0.10/TM-Km x 250 Km = Q 96282/año

+ Costos de Transporte para la planta de Nuevo  
San Carlos

La planta destinará 2450.95 TM/año al consumo de la ciudad capital y 1400.33 TM/año al consumo de la ciudad de Escuintla. El costo de nuevo San Carlos a Guatemala será:

$$2450.95 \text{ TM/año} \times Q \text{ 0.10/TM-Km} \times 200 \text{ Km} = Q \text{ 49019 / año}$$

El costo de nuevo San Carlos a Escuintla será :

$$1400.33 \text{ TM/año} \times Q \text{ 0.10/TM-Km} \times 140 \text{ Km} = Q \text{ 19604.62/año}$$

EL costo total de transporte para esta alternativa es:

$$Q \text{ 164,905.62 / año}$$

\* Evaluación del costo de transporte para una sola planta localizada en Escuintla

El costo de transportar el aceite crudo de La Tinta a Escuintla es:

$$4320 \text{ TM/año} \times Q \text{ 0.10 / TM-Km} \times 310 \text{ Km} = Q \text{ 133920 / año}$$

Y el costo de transportar el aceite crudo de Nuevo San Carlos a Escuintla es:

$$4320 \text{ TM/año} \times Q \text{ 0.10 / TM-Km} \times 140 \text{ Km} = Q \text{ 60480 / año}$$

El costo de transportar el producto de Escuintla a Guatemala

$$6302.23 \text{ TM/año} \times Q \text{ 0.10/TM-Km} \times 60 \text{ Km} = Q \text{ 37813.38 / año}$$

El costo total de transporte para esta alternativa es:

$$Q \text{ 232,213.38 / año}$$

La diferencia entre alternativas es entonces:

Q 67,307.76 / año

Apendice No. 3

Resultados Obtenidos en Refinamientos a Nivel Laboratorio

Peso Inicial de aceite crudo	
Muestra	peso ( gr )
1	406.3
2	451.3
3	435.3
4	463.5

BLANQUEO

Muestra	Peso Inical	Peso final	% recuperado
1	190.3	150.8	79.21
2	142.5	113.4	79.6
3	200.2	159.6	79.7
4	212.2	168.2	78.9

% de aceite en tierras activadas 24 %

## NEUTRALIZACION

Muestra	Peso Inical	Peso jabón ( gr )	vol. Sal salina ( ml )
1	148.2	43.7	40
2	108.8	30.8	100
3	155.1	45.4	40
4	161.7	46.1	40

Muestra	Peso aceite recuperado (gr)	% ac. recu- perado	% jabones húmedos
1	123.0	83.0	29.5
2	90.5	83.2	28.3
3	128.9	83.1	29.3
4	133.9	82.8	28.5

## REBLANQUEO

Muestra	Peso inicial aceite (gr)	peso aceite recuperado	% recuperado
1	101.0	91.7	90.8
2	52.0	47.4	91.15
3	125.3	112.3	89.6
4	128.4	114.5	89.2

## DEODORIZACION

Muestra	Peso inicial aceite (gr)	peso aceite recuperado(gr)	% recuperado
1	91.7	88.0	96.0
2	47.4	45.1	95.1
3	105.9	102.1	96.4
4	109.9	105.6	96.4

## INTERESTERIFICACION

Muestra	Peso inicial aceite (gr)	peso líquido recuperado(gr)	% recuperado líquido
1	88.0	59.95	68.1
2	47.1	30.6	67.9
3	99.3	66.1	66.6
4	100.6	67.8	67.4

Muestra	Peso sólido recuperador(gr)	% recuperado sólidos (gr)	% recuperación total
1	26.1	29.6	97.7
2	13.1	29.0	96.9
3	30.7	30.9	97.5
4	29.9	29.7	97.5

## Apendice No. 4

Tanque de Almacenaje de Aceite Crudo y Tanque de Almacenaje de Aceite Refinado

La capacidad de las plantas extractoras es de 1.5 TM/Hr de aceite crudo, sin embargo, estas están trabajando muy por debajo de su capacidad y les tomará algunos años llegar al máximo.

Por la razón anterior, se decidió que los tanques de almacenaje fueran de gran capacidad, así la planta refinadora operaría intermitentemente en las épocas de baja producción de aceite crudo y tendría una reserva en el caso de que la planta extractora se detuviera por cualquier razón. Los tanques fueron diseñados para almacenar la producción de 5 días de la planta extractora trabajando a su máxima capacidad.

## \* Especificación de los Tanques

## a) Cálculo del volumen

Bases de Cálculo: \* Capacidad de la planta extractora = 1.5  
TM/Hr

\* Tiempo de Trabajo = 5 días a 8 horas por  
día

\* Densidad del Aceite = 58 lb/pies<sup>3</sup>

Volumen = 1.5 TM/Hr x 8 Hr/día x 2200 lb/TM

x 1 pies<sup>3</sup> / 58 lb x 5 días = 2275.9 pies<sup>3</sup>

## b) Cálculo de las dimensiones

El diámetro óptimo del tanque esta dado por la ecuación

$$D_{op} = 0.74 \sqrt[3]{V}$$

Donde V = Volumen del tanque

entonces

$$D_{op} = 0.74 \times \sqrt[3]{2275.9 \text{ pies}^3}$$

Sin embargo, por economía de láminas y facilidad de trabajo en los talleres, debe usarse un diámetro que ajuste un número exacto de láminas a lo largo de la circunferencia. Así, con el  $D_{op}$  ya calculado obtengo un perímetro de

$$\begin{aligned} P_{op} &= 13.15 \text{ pies} \times \tilde{\pi} \\ &= 41.31 \text{ pies} \end{aligned}$$

El perímetro ajustado más cercano es de 36 pies, con lo que tendría que 6 láminas de 3 x 6 pies serían adecuadas. Con el perímetro ya ajustado, obtengo ahora el diámetro final:

$$\begin{aligned} D &= 36 \text{ pies} / \tilde{\pi} \\ &= 11.46 \text{ pies} \end{aligned}$$

Con este diámetro y el volumen del tanque, se puede determinar la altura de la parte cilíndrica

$$\begin{aligned} h_{cil} &= \frac{2275.9 \text{ pies}^3}{(11.46 \text{ pies})^2 \times \tilde{\pi}} \\ &= 22.1 \text{ pies} \end{aligned}$$

Una altura ajustada del cilindro de 24 pies sería adecuada. Con esa altura, el volumen de la parte cilíndrica sería de

$$V_{\text{cil}} = 24 \text{ pies} \times \left( \frac{11.46 \text{ pies}}{2} \right)^2 \times \pi$$

$$= 2475.5 \text{ pies}^3$$

El volumen del cono está dado por la ecuación

$$V_c = \frac{1}{3} \times \pi \times r^2 \times h$$

donde r = radio, pies

h = altura, pies

El volumen del cono es entonces

$$V_c = \frac{1}{3} \times \pi \times (5.73 \text{ pies})^2 \times 3.3 \text{ pies}$$

$$= 113.3 \text{ pies}^3$$

El volumen total del tanque será de

$$V_T = V_{\text{cil}} + V_c$$

$$= 2475.5 \text{ pies}^3 + 113.3 \text{ pies}^3$$

$$= 2588.8 \text{ pies}^3$$

Con este volumen se obtiene un factor de sobrediseño de 12.1%.

Cabe hacer notar que las dimensiones de ambos tanques son iguales. La única diferencia entre ambos es que el tanque de aceite crudo lleva un serpentín de vapor y el tanque de aceite refinado no.

c) Tipo y Espesor de la Lámina del Tanque de acero inoxidable

La lámina adecuada es tipo 316. El espesor viene dado por la ecuación

$$t = \frac{P \times R}{SE - 0.6P} \times c$$

Donde p = presión de operación, psi

R = diámetro del tanque, pulgadas

S = resistencia del material, psi

E = eficiencia de soldadura

c = provisión para corrosión, pulgadas

El espesor será entonces

$$t = \frac{17.6 \times 137}{30000 \times 0.7 - 0.6 \times 17.6} + 0.02$$

$$= 0.135 \text{ pulgadas}$$

Un espesor de lámina de 3/16 "sería entonces el adecuado.

## d) Diámetro de tubería

Según Peters & Timmerhaus en su figura 13-2, el diámetro óptimo del tubo de descarga sería de 1.5 pulgadas, sin embargo, ya que el aceite es sólido a temperatura ambiente, es probable que existan partes sólidas de aceite en el tanque, por lo que se colocó un tubo de tres pulgadas en la descarga del tanque.

## e) Cálculo del serpentín del tanque de aceite crudo

La cantidad de calor requerida para calentar el aceite crudo hasta una temperatura superior a su punto de fusión está dada por la ecuación:

$$Q = m \times C_p \times T$$

donde  $C_p = 0.48$  ( Perry & Chilton, tabla 3-177 ).

La cantidad de calor necesaria es entonces

$$\begin{aligned} Q &= 132,000 \text{ lb} \times 0.48 \text{ BTU/lb F} \times ( 104 - 77 )^\circ\text{F} \\ &= 1,717,848 \text{ BTU/Hr} \end{aligned}$$

El área de transferencia necesaria en el serpentín estará dada por la ecuación

$$A = \frac{Q}{U + \frac{T}{LM}}$$

donde  $U = 29$  ( tabla 10-8, Perry & Chilton ).

Se usará vapor a 150 psi y 450°F por lo que las diferencias de la temperatura serán

Aceite al inicio		Aceite al final
77°F	—————>	104°F
360°F	<—————	450°F
Condensado		Vapor

y el  $T_{LM}$  será

$$T_{LM} = \frac{346^{\circ}\text{F} - 238^{\circ}\text{F}}{\ln \frac{346^{\circ}\text{F}}{283^{\circ}\text{F}}}$$

$$= 313.45^{\circ}\text{F}$$

Por lo tanto el área de transferencia es

$$A = \frac{1,717,848 \text{ BTU/Hr}}{313.45^{\circ}\text{F} \times 29 \text{ BTU/pies}^2 \text{ F Hr}}$$

$$= 189 \text{ pies}^2$$

Se usará tubo de 1 1/2 " BWG, que tiene 0.3272 pies<sup>2</sup> /pie

Se necesitan entonces

$$\frac{189 \text{ pies}^2}{0.3272 \text{ pies}^2/\text{pie}} = 577.6 \text{ pies de tubo}$$

Equivalentes a 16 vueltas en el tanque.

Tanque de Interesterificación & Tanque de Almacenaje Temporal

Los dos tanques, además de formar parte del proceso, son exactamente iguales. El tanque de almacenaje temporal es usado para almacenar el aceite luego de la filtración con tierras. El aceite es bombeado del tanque de almacenaje temporal al reactor para la neutralización.

El tanque de interesterificación almacenará el aceite por 24 Hr. a 38°C. En este tanque el aceite se separa en dos fases, una de bajo y otra de alto punto de fusión. El tanque debe tener pintura negra en su exterior con el fin de mantener la temperatura del aceite en 38°C usando la energía solar.

\* Especificación del Tanque

Bases de Cálculo:

Capacidad de planta extractora	= 1.5 TM/Hr
Tiempo de Trabajo	= 8 Hrs/día
Densidad del Aceite	= 58 lb/Hr

a) Cálculo del volumen

$$\begin{aligned} \text{Volumen} &= 1.5 \text{ TM/Hr} \times 8 \text{ Hr/día} \times 2200 \text{ lb/TM} \\ &\quad \times 1 \text{ pies}^3 / 58 \text{ lb} \\ &= 455.17 \text{ pies}^3 \end{aligned}$$

b) Cálculo de las dimensiones

El diámetro óptimo es

$$D_{op} = 0.74 \times \sqrt[3]{355.17 \text{ pies}^3}$$

$$= 5.69 \text{ pies}$$

con ese diámetro tengo un perímetro óptimo de

$$P_{op} = 5.69 \text{ pies} \times \pi$$

$$= 17.88 \text{ pies}$$

El perímetro ajustado será de 24 pies, con lo que 4 láminas de 3 x 6 pies cubrirían bien el perímetro. Este perímetro me da un diámetro ajustado de

$$D = \frac{24 \text{ pies}}{\pi}$$

$$= 7.64 \text{ pies}$$

La altura de la parte cilíndrica será entonces

$$h_{cil} = \frac{455.17 \text{ pies}^3}{\left(\frac{7.64 \text{ pies}}{2}\right)^2 \times \pi}$$

$$= 9.93 \text{ pies}$$

Por facilidad de trabajo en el taller, una altura de 10.5 pies para el cilindro sería adecuada. Con esa altura, el volumen de la parte cilíndrica sería

$$\begin{aligned} V_{\text{cil}} &= 10.5 \text{ pies} \times (7.64 \text{ pies}/2)^2 \times \pi \\ &= 481.5 \text{ pies}^3 \end{aligned}$$

El volumen del cono será

$$\begin{aligned} V_c &= 1/3 \times (3.82 \text{ pies})^2 \times 2.2 \text{ pies} \\ &= 33.6 \text{ pies}^3 \end{aligned}$$

El volumen total es

$$\begin{aligned} V_t &= 481.3 \text{ pies}^3 + 33.6 \text{ pies}^3 \\ &= 514.9 \text{ pies}^3 \end{aligned}$$

Con lo que se tiene un factor de sobrediseño de 11.5%.

c) Tipo y espesor de lámina

Se usará lámina de acero inoxidable 316 y el espesor adecuado es

$$\begin{aligned} t &= \frac{17.6 \text{ psi} \times 91.5 \text{ pulgadas}}{30000 \text{ psi} \times 0.7 - 0.6 \times 17.6 \text{ psi}} + 0.02 \text{ pulgadas} \\ &= 0.096 \text{ pulgadas} \end{aligned}$$

Lámina de 1/8" sería la adecuada.

d) Tipo y espesor de lámina de la chaqueta

Se usará lámina de acero al carbono y el espesor adecuado sería

$$t = \frac{25 \text{ psi} \times 95.5 \text{ pulgadas}}{42000 \text{ psi} \times 0.7 - 0.6 \times 25 \text{ psi}} + 0.02 \text{ pulgadas}$$

$$= 0.01 \text{ pulgadas}$$

Lámina de acero al carbono de 1/8" será adecuada.

e) Cálculo de la estructura de soporte

El peso del aceite dentro del tanque será

$$1.5 \text{ TM/Hr} \times 8 \text{ Hr/día} \times 2200 \text{ lb/TM} = 26400 \text{ lb}$$

Con lo que se tiene una carga por columna de

$$26400 \text{ lb} / 4 \text{ columnas} = 6600 \text{ lb/columna}$$

El volumen de las láminas será

$$v = \pi \times 7.64 \text{ pies} \times 13 \text{ pies} \times 0.0104 \text{ pies}$$

$$= 3.25 \text{ pies}^3$$

Y su peso será entonces

$$Pe = 3.25 \text{ pies}^3 \times 0.278 \text{ lb/pulgadas}^3 \times (12 \text{ pulg.}) \text{ pies}^3$$

$$= 1561.25 \text{ lb}$$

La carga por columna aumenta en

50

$$1561.25 \text{ lb}/4 \text{ columnas} = 390.3 \text{ lb/columna}$$

La carga total sobre cada columna será

$$\begin{aligned} C_t &= 390.3 \text{ lb} + 6600 \text{ lb} \\ &= 6990.3 \text{ lb/columna} \end{aligned}$$

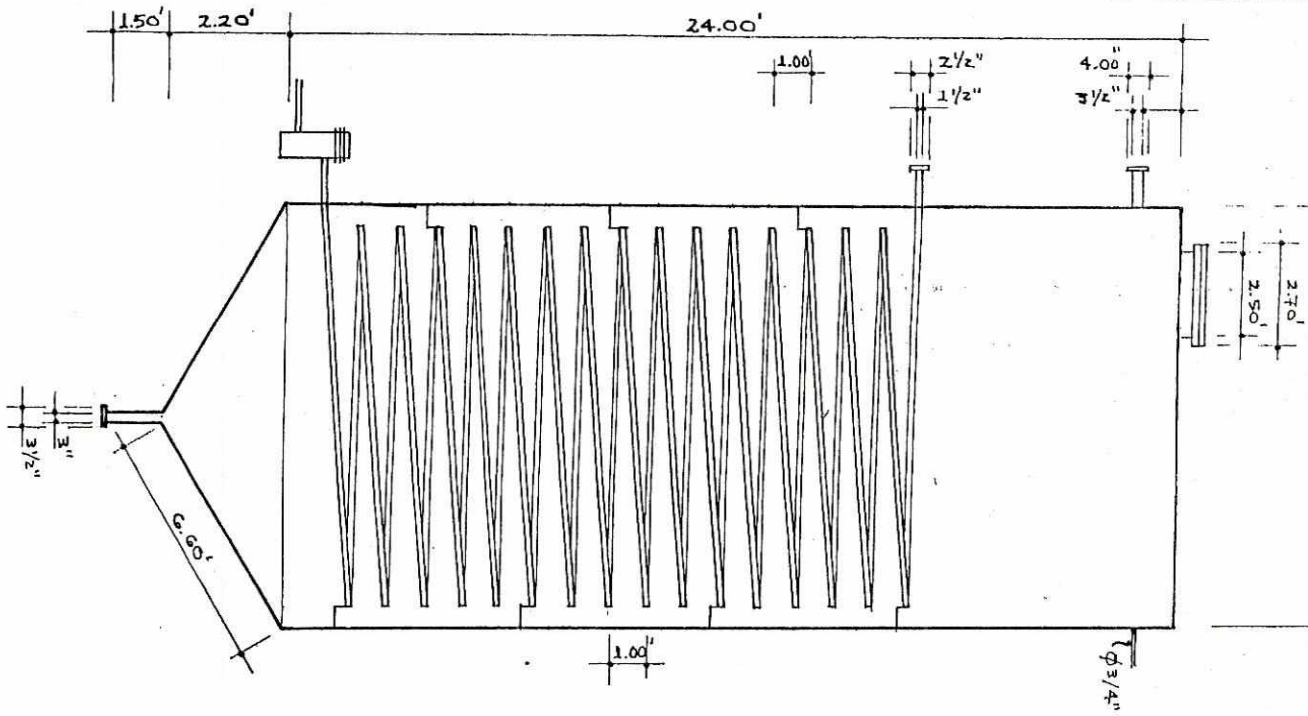
El momento de inercia para un tubo de 2.5" cat 40 es

$$\begin{aligned} I &= 1/4 \times \tilde{I} \times \left( \left( \frac{2.875}{2} \right)^4 - \left( \frac{2.469}{2} \right)^4 \right) \\ &= 1.529 \end{aligned}$$

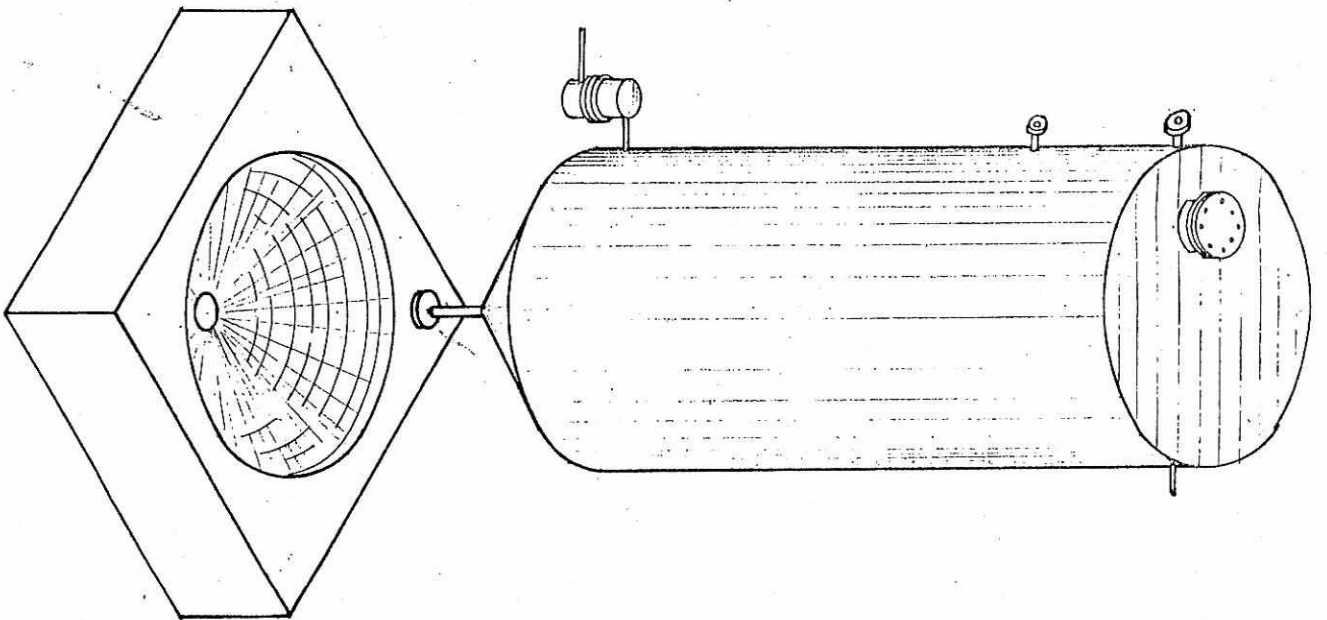
Y la carga que soporta es

$$\begin{aligned} P &= \frac{\tilde{I} \times 29 \times 10^6 \times 1.529}{(129)^2} \\ &= 9673.7 \text{ lb/columna} \end{aligned}$$

Por lo tanto, columnas de tubo 2.5" cat 40 son adecuadas.



**ELEVACION** ESCALA 1:50



**PROYECCION ISOMETRICA** ESCALA 1:75

**TANQUE DE DEP  
DE ACEITE CR**

PARA LA CONSTRUCCION  
GO LAMINAS DE ACER  
3'x6'x 5/16"

EL SERPENTIN ES DE  
BUE LG BWCT DE I  
TAMPA DE VAPOR EN I  
EL TANQUE VA AL NIV  
TRUCTURA DE CONCRET  
PROYECCION ISOMETRICA

EL TANQUE DE DEP  
EXACTAMENTE IGUAL  
EU QUE NO LLEVA SE  
LA ESTRUCTURA DE S

Reactor de Blanqueo, Neutralización y Desgomado

Al igual que los tanques de interesterificación y almacenaje temporal, el reactor requiere un volumen de 455.17 pies<sup>3</sup>. Este reactor consiste en un tanque destapado con fondo cónico a 60°, con chaqueta y agitación. El agitador es accionado a través de poleas por un motor de 30 hp montado sobre un costado del mismo.

En el reactor se desarrollan tres procesos, siendo el Desgomado, el primero de ellos, el Blanqueo el segundo y el Neutralizado el tercero. En la descripción del proceso se proporciona información completa acerca de cada uno de estos procesos.

\* Especificación del Reactor

a) Cálculo de las Dimensiones

El cálculo de las dimensiones del reactor es similar al de los tanques de interesterificación y almacenaje temporal, con la única diferencia de que el reactor tiene el cono más pronunciado y por tanto el volumen es mayor.

Por lo tanto, el diámetro del reactor es de 7.64 pies, la altura de la parte cilíndrica es de 10.5 pies y la altura del cono es de 6.6 pies. El volumen total es de 582 pies<sup>3</sup>, lo que nos da un factor de sobrediseño del 21%.

b) Tipo y Espesor de Lámina

La lámina es de acero inoxidable 316 de 1/8". Los cálculos son similares a los de los tanques de interesterificación y almacenaje temporal y pueden verse en el apéndice No. 5.

c) Tipo y Espesor de Lámina del Enchaquetado

La lámina adecuada es de acero al carbono de 1/8". Los cálculos de esta también son similares a los mostrados en el Apéndice No. 5.

d) Detalles Adicionales

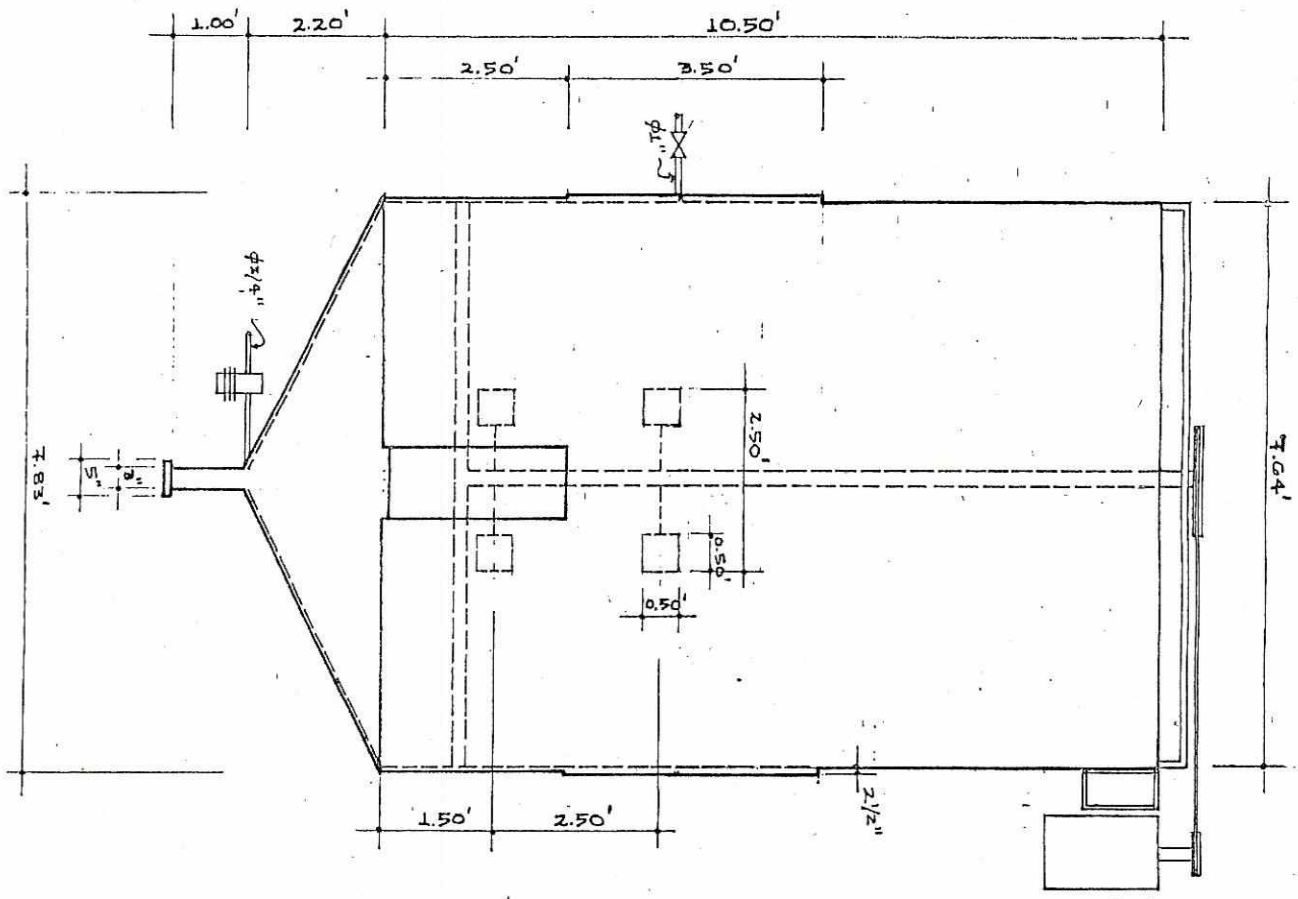
En el diagrama del reactor se puede observar el detalle del agitador y la colocación del motor. Según Baasel, W.D. se necesita un potente motor de 30 hp, ya que el blanqueo requiere que las tierras activadas sean uniformemente distribuidas en toda la tanda.

e) Estructura de Soporte

La estructura de soporte es exactamente igual a la de los tanques de interesterificación y almacenaje temporal. Detalles del cálculo pueden verse en el Apéndice No. 5.

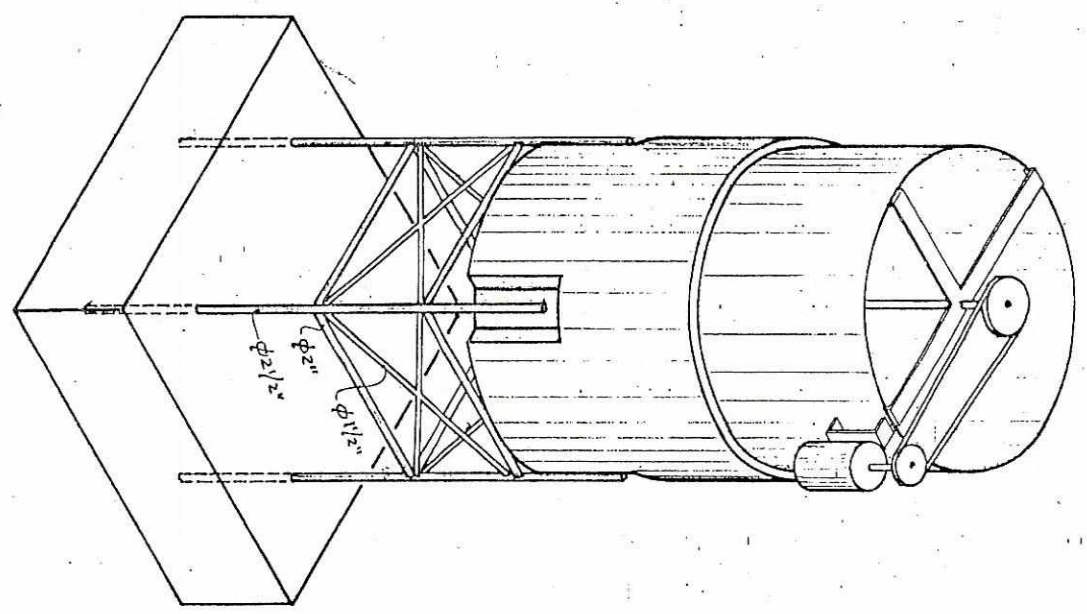
**ELEVACION**

ESCALA 1:25



**PROYECCION ISOMETRICA**

ESCALA 1:50



**REAC**

EL TAN  
20 LÍM  
316 DE  
EL EN  
CON OCH  
CARBONO  
PARA UN  
DE 2 1/2"  
ZONITALE  
CAT. 40  
TUBO DE  
EL MOTR  
A 750  
TABOR

Filtros

Según Moir, un filtro prensa sería el más adecuado para la filtración de aceites vegetales, ya que un filtro prensa puede retener partículas de hasta  $1 \mu\text{m}$  de un líquido con 40% de contenido de sólidos y con baja tasa de formación de torta. Además, puede tener un área de filtrado máxima de 400 mts<sup>2</sup> por unidad y operar a altas temperaturas. Para especificar el filtro debe reportarse el área requerida la cantidad y dimensiones de los platos, así como el material del medio filtrante.

\* Especificación de los Filtros

La planta requiere dos filtros, uno para la filtración de las tierras activadas y los jabones ( soapstock ), y otro para filtrar las grasas saturadas después de la interesterificación. En ambos casos el volumen a filtrar será el mismo y las partículas a eliminar serán aproximadamente del mismo tamaño, por lo que ambos filtros serán iguales.

a) Cálculo del área de filtrado

Perry & Chilton en su tabla 19-18 informan que la tasa de filtración de aceites vegetales en un filtro prensa es de 3-10 gal/pies<sup>2</sup>-Hr. Estimo que 7 gal/pies<sup>2</sup>-Hr sería un dato adecuado de trabajo. El tiempo de filtración será de 1.5 Hrs.

$$1.5 \text{ TM/Hr} \times 8 \text{ Hrs} \times 2200 \text{ lb/Tm} \times 1 \text{ pies}^3 / 58 \text{ lb} \times 7.481 \text{ gls/ft}^3 \\ = 3405 \text{ gls de aceite por día}$$

Entonces,

$$3405 \text{ gls} / 1.5 \text{ Hr} \times 1 \text{ pies}^2 - \text{Hr} / 7 \text{ gal} = 324.3 \text{ pies}^2$$

sería el área necesaria de filtración para un tiempo de 1.5 Hrs.

#### b) Cantidad y Dimensiones de los Platos

Usando la figura 19-82 de Perry & Chilton, se obtiene que para esa área se necesitan 40 platos metálicos de 30 x 30 pulgadas.

#### c) Método Filtrante

Según Mais, L.G., el medio filtrante más apropiado sería el tejido de polipropileno (cadena de polímero sintético compuesto con al menos 95% en peso de polipropileno) ya que este tiene una excelente resistencia a la abrasión, buena resistencia al calor y excelente resistencia a ácidos y álcalis. Sin embargo, ya que es un material caro e importado, podría sustituirse con una lona de algodón fabricada en el país. Esta tiene bajo costo y buena resistencia a la abrasión, al calor y a los ácidos. Tiene la desventaja de encoger, pero esto se puede solucionar con algunas técnicas de acabado.

Deodorizadores

El equipo consistirá en dos tanques cilindricos con anillos de refuerzo, funcionando a una presión de 3 a 4 mm de Hg y 216°C con un serpentín de calentamiento y un sistema de dispersión de vapor vivo.

Se diseñarán dos deodorizadores, cada uno con el 50% del volumen total necesario para la deodorización. El diseño de un solo deodorizador hubiera presentado problemas de construcción en los talleres locales, ya que tendría que usarse lámina de espesor mayor que 1/4", para lo cual no existen facilidades en el país.

## \* Especificación de los Deodorizadores

## a) Calculo de las dimensiones

EL cálculo del volumen es similar al de los tanques de proceso, con la única diferencia en que cada deodorizador procesará la mitad de este volumen de aceite, o sea, 227.6 pies<sup>3</sup>.

## b) Cálculo de las dimensiones

El diámetro óptimo será

$$\begin{aligned} \text{Dop} &= 0.74 \sqrt[3]{227.6 \text{ pies}^3} \\ &= 4.52 \text{ pies} \end{aligned}$$

Con este diámetro obtengo un perímetro óptimo de

$$P_{op} = 4.52 \times \pi \\ = 15.2 \text{ pies}$$

El perímetro ajustado será entonces de 16 pies, el cual sería cubierto por 2 láminas de 4 x 8 pies. Con 16 pies de perímetro, el diámetro sería

$$D = \frac{16 \text{ pies}}{\pi} \\ = 5.09 \text{ pies}$$

La altura de la parte cilíndrica sería

$$h_{cil} = \frac{227.6 \text{ pies}^3}{(5.09 \text{ pies}/2)^2 \times \pi} \\ = 11.18 \text{ pies}$$

Por facilidad de trabajo en el taller, una altura de 12 pies para la parte cilíndrica sería adecuada. Con 12 pies de altura, el volumen de la parte cilíndrica resulta en

$$V_{cil} = 12 \text{ pies} \times (5.02 \text{ pies}/2)^2 \times \pi \\ = 237.5 \text{ pies}^3$$

El volumen del cono es

$$V_c = 1/3 \times \pi \times (2.545 \text{ pies})^2 \times 1.47 \text{ pies}$$

$$= 9.96 \text{ pies}^3$$

El volumen total será entonces.

$$V_t = V_{cil} + 2 V_c$$

$$= 237.5 \text{ pies}^3 + 2 \times 9.96 \text{ pies}^3$$

$$= 257.4 \text{ pies}^3$$

Con este volumen resulta un factor de sobrediseño de 11.6%.

#### c) Tipo y Espesor de Lámina.

El vacío que requiere la deodorización obliga al uso de láminas de gran espesor. Sin embargo, los talleres del país solo pueden manejar espesores de hasta 1/4", por lo que se usará este espesor de lámina. Para complementar la rigidez necesaria, se usaran anillos de refuerzo, los cuales se especifican en la siguiente sección.

d) Especificación de los Anillos de Refuerzo

Perry & Chilton en la figura G-133 especifican un método para calcular la máxima presión externa permisible en función de las dimensiones del tanque y el espaciamiento entre anillos. Según Perry & Chilton, son las dimensiones del deodorizador y con anillos en forma de L de 3 x 3 x 1/2" ( ver detalle en el diagrama ), colocados en forma doble y con 3 pies de espaciamiento, la máxima presión permisible es de 36 psi, lo cual es suficiente para el vacío requerido.

e) Cálculo del Serpentin

La cantidad de calor requerida para elevar el aceite a la temperatura de deodorización será

$$Q = 13200 \text{ lb/Hr} \times 0.48 \text{ Btu/lb.} \times ( 421-104 ) \text{ F}$$

$$= 2,008,512 \text{ Btu/Hr}$$

Esta cantidad de calor debe transmitirse al aceite por medio del serpentín y el vapor vivo, por lo que se calculará para que cada uno de estos medios aporte el 50% del calor requerido. Así, el calor que aportará el serpentín será

$$Q_s = \frac{2,008,512 \text{ Btu/Hr}}{2}$$

$$= 1,004,256 \text{ Btu/Hr}$$

Se usará vapor a 150 psi y 450°F por lo que las diferencias de temperatura serán

Aceite al		Aceite al
inicio		final
104°F	----->	421°F
360°F	<-----	450°F
Vapor al		Vapor al
final		inicio

Así, el  $T_{LM}$  será

$$T_{LM} = \frac{256 \text{ F} - 29^\circ \text{ F}}{\text{LN} ( 256 \text{ F} / 29^\circ \text{ F} )}$$

$$= 104.3^\circ \text{ F}$$

El área de transferencia necesaria es

$$A = \frac{1,004,256 \text{ Btu/Hr}}{29 \text{ Btu/Hr-pies}^\circ \text{ F} \times 104.3 \text{ F}}$$

$$= 332 \text{ pies}^2$$

Se usará tubo 1" 16 BWG, con  $0.2618 \text{ pies}^2/\text{pie}$ , por lo que se necesitará

$$\frac{332 \text{ pies}^2}{0.2618 \text{ pies}^2/\text{pie}} = 1268.2 \text{ pies de tubo}$$

f) Cálculo de la Estructura

El peso del aceite dentro del deodorizador será

$$0.75 \text{ TM/Hr} \times 8 \text{ Hr/día} \times 2200 \text{ lb / TM} = 13200 \text{ lb}$$

Con lo que se tiene una carga por columna de

$$13200 \text{ lb} / 4 \text{ columnas} = 3300 \text{ lb}$$

El volumen de la lámina es

$$\begin{aligned} v &= \pi \times 5.09 \text{ pies} \times 14 \text{ pies} \times 0.021 \text{ pies} \\ &= 4.7 \text{ pies}^3 \end{aligned}$$

El peso de la lámina será

$$P = 4.7 \text{ pies}^3 \times 0.278 \text{ lb/pulg.}^3 \times (12 \text{ pulg.})^3 / \text{pies}^3$$

$$= 2257.8 \text{ lb}$$

La carga por columna aumenta entonces en

$$2257.8 \text{ lb} / 4 \text{ columnas} = 564.45 \text{ lb}$$

La carga total sobre cada columna será

$$C_{\text{tot}} = 564.45 + 3300 = 3864.45 \text{ lb/columna}$$

Para un tubo de 2 1/2" cat. 40, su momento de inercia es

$$I = 1/4 \times \pi \times \left( (2.875"/2)^4 - (2.469/2)^4 \right)$$

$$= 1.5295$$

Y la carga que soporta es

$$P = \frac{\pi \times 29 \times 10^6 \times 1.5295}{(156")^2}$$

$$= 5725.96$$

Por lo tanto, columnas de tubo de 2 1/2" cat. 40 con adecuadas





- \* Bernardini, E. & Bernardini, M. ( 1975 ). Palm Oil Fractionation and Refining Using the CMB Process. Oleagineux, 30, No. 3, p. 121 - 128.
  
- \* Cornelius, J. A. ( 1977 ). International Standards for Palm Oil. J. Am. Oil Chemists' Soc., Vol 54, p. 943 A - 948 A.
  
- \* Cornelius, J. A. ( 1983 ). Processing of Oil Palm Fruit and its Products. Tropical Products Institute G -149.
  
- \* Hrushowy, R.H. ( 1978 ). Palm Oil Processing. J. Am. Oil Chemists' Soc. , Vol 55, p. 190 A - 191 A.
  
- \* Huff, George A. ( 1976 ). Selecting a vacuum producer. Chemical Eng. March 15 1976, p. 83 - 86.
  
- \* Jasperson, H. & Pritchard, J.L.R. ( 1965 ). Factors Influencing the Refining and Bleaching of Palm Oil. Tropical Science, 7, p. 189 - 200.
  
- \* Lottman, Gunther ( 1981 ). Caracterización y Extracción de semilla de hule ( Hevea Brasiliensis ). Universidad del Valle, Guatemala.

- \* Mais, L.G. ( 1971 ). Filter Media. Chemical Eng. Feb. 15 1971, p. 49 - 54.
- \* McCabe, Warren & Smith, Julian ( 1976 ). Unit Operations of Chemical Engineering. Third Edition. McGraw-Hill Book Co. U.S.A.
- \* Moir, Douglas N. ( 1982 ). Selecting batch pressure filters. Chemical Eng., July 26, 1982, p. 47 - 57.
- \* Perry, Robert & Chilton, Cecil ( 1974 ). Chemical Engineers' Handbook. Fifth Edition. McGraw-Hill International Book Co. Tokyo, Japan.
- \* Peters, Max & Timmerhaus, Klaus ( 1980 ). Plant Design and Economics for Chemical Engineers. Third Edition. McGraw-Hill Book Co. U.S.A.
- \* Porter, H. F., Flood, J. E. & Rennie, E. I. ( 1971 ). Filter Selection. Chemical Eng., Feb. 15 1971, p. 39 - 48.
- \* Rowan C. M. & Ruths, D. W. ( 1975 ). Palm Oil steam refining, techniques, operating responses and economics. Oléagineux, 30, No. 10 p. 423 - 428.

- \* Ryans, J. L. & Croll, S. ( 1981 ). Ejector & Vacuum Systems. Chemical Eng., Dic. 14, p. 73 - 90.
- \* Sullivan, Frank E. ( 1974 ). Improved Process Opens Palm Oil Horizons. Food Engineering, May 1974, p. 79.
- \* Thomas, George B., ( 1972 ). Calculus & Analytic Geometry. 4th Edition. Addison-Wesley Publishing Co., U.S.A.