

78
Zej



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ingeniería



DISEÑO DEL EQUIPO PARA LA EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DEL LIMÓN POR ARRASTRE DE VAPOR

T E S I S

Que para obtener el título de:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P r e s e n t a n :

Luis Pedraza Higareda

Sergio Ballesteros Elías



México, D. F.

1986



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

	Pag.
INTRODUCCION.	
I	
CAPITULO	
I.- CARACTERISTICAS BASICAS DEL LIMON.	1
1.1 Origen	
1.2 Características del árbol	6
1.3 Variedades	7
1.3.1 Eureka	
1.3.2 Mexicano	
1.3.3 Sin Semilla	8
1.3.4 Génova	
1.3.5 Lisboa	
1.4 Siembra	9
1.4.1 Riego	11
1.5 Injerto	
1.5.1 Objetivo	
1.6 Transplante	12
1.6.1 Distribución de la Huerta	13
1.6.2 Fertilización del árbol	
1.7 Enfermedades	14
1.7.1 Pudrición Castaña	
1.7.2 Melanosis	15
1.7.3 Formas de combatir las pudriciones, Melanosis y Antracnosis.	
1.7.4 Antracnosis de los cítricos	
1.7.5 Cancer de los cítricos	
1.7.6 Tristeza de los cítricos	16
1.7.7 Prevención de las enfermedades ante- riores	
1.8 Plagas	
1.8.1 Insectos masticadores	
1.8.2 Forma de combatir los insectos mas- ticadores	17
1.8.3 Insectos Chupadores	
1.8.4 Forma de combatir los insectos Chu- padores	
1.8.5 Escamas	
1.8.6 Piojo Arinoso	18
1.8.7 Mosca Blanca y Prieta	19
1.9 Anatomía del Fruto	20

II CAPITULO

	pag.
2.- Procesos de extracción del aceite esencial de limon.	23
2.1. Procedimiento que se realiza sobre el fruto entero.	
2.2. Procedimiento que se realiza sobre el fruto triturado.	24
2.3. Procedimientos Manuales.	25
2.3.1. Mediante Cuchara.	
2.3.2. A la Escudilla.	
2.4. Procedimientos Mecánicos.	26
2.4.1. Rallador Circular.	
2.4.2. Máquina Perroni Paladini.	
2.4.3. Máquina Lo Verde.	27
2.4.4. Máquina Vinci.	
2.4.5. Máquina Ando.	
2.4.6. Máquina Sfumatrice Indelicato tipo M.K.	28
2.4.7. Máquina Ifac-Schwob.	29
2.4.8. Máquina Estilete.	
2.4.9. Máquina Avena.	
2.4.10. Máquina Speciale.	30
2.4.11. Máquina Fraser Brace.	31
2.4.12. Máquina Drum Extractor.	
2.4.13. Máquina Abattimento.	32
2.4.14. Máquina FMC in Line.	33
2.5. Proceso que se realiza sobre la cáscara desprendida.	34
2.5.1. Procedimiento Manual a la esponja.	
2.5.2. Máquina Ajon.	35

III CAPITULO

3.- Proceso de extracción del aceite de limón por arrastre de vapor.	37
3.1. Introducción.	
3.2. Descripción del proceso.	
3.2.1. Almacenamiento.	38
3.2.2. Molido del Fruto.	
3.2.3. Tanque de Almacenamiento.	39
3.2.4. Caldera.	
3.2.5. Equipo de Destilación.	40
3.2.5.1 Alambique.	
3.2.5.2 Condensador.	41
3.2.5.3 Vaso Florentino.	
3.3. Diagrama de flujo del proceso	43

IV
CAPITULO

	pag.
4.- Diseño del equipo para extracción del aceite esencial de limón por medio de arrastre de vapor.	44
4.1. Antecedentes.	
4.2. Datos Básicos de Diseño!	
4.3. Alambique.	46
4.3.1. Datos para el Diseño del Alambique.	
4.3.2. Cálculos del Alambique.	47
4.4. Condensador.	52
4.4.1. Datos para el Diseño del Condensador.	
4.4.2. Cálculo de condensador.	54
4.5. Vaso Florentino.	57
4.5.1. Datos para el Diseño.	
4.6. Equipo Auxiliar.	59
4.6.1. Tolva de Almacenamiento .	
4.6.2. Molino .	60
4.6.3. Caldera .	61

V
CAPITULO

5.- Diseño y construcción de un prototipo para la extracción del aceite esencial de limón, por el método de arrastre de vapor.	62
5.1. Antecedentes	
5.2. Alambique.	63
5.3. Condensador.	
5.4. Vaso Florentino .	
5.5. Caldera .	

VI
CAPITULO

6.- Conclusiones .	71
--------------------	----

APENDICE A

Eficiencia del método de extracción del aceite.

pag.

75

APENDICE B

Aplicación de los aceites esenciales de limón.

77

APENDICE C

Producción Nacional de fruto y aceite.

79

Bibliografía .

81

Introducción

La razón de haber emprendido el estudio que aquí se presenta fue que nuestro país se ha distinguido siempre por ser un fuerte productor y exportador de aceite esencial de limón. Situación que de 1984 a la fecha se ha tornado muy crítica debido a la falta de mercados para dicho producto, éste ha sido propiciado por la baja calidad, el alto costo a nivel internacional y nula demanda por la introducción al mercado de otros países así como la excesiva producción.

El principal problema a vencer fue la falta de información, tanto técnica en lo referente al proceso como también datos estadísticos sobre la producción ya que a pesar que durante una época el país fue el principal exportador mundial no se han realizado estudios, ni tampoco se ha desarrollado o cuando menos modificado el equipo empleado para volver más eficiente el proceso y obtener esencias de más elevada calidad.

Debido a que el primer proceso de extracción empleado en México, y a la fecha el más difundido, es el de arrastre de vapor es por ésto que el trabajo ha sido enfocado al estudio de éste, y sus principales características.

I
CAPITULO

1.- CARACTERISTICAS BASICAS DEL LIMON.

1.1. ORIGEN.

Aunque no está totalmente determinada la forma de como los cítricos se difundieron por el mundo, parece acertado afirmar que casi todas las especies son procedentes de las regiones tropicales y subtropicales de Asia y del Archipiélago Malayo. Antes de su introducción en el continente Europeo, los cítricos eran ya cultivados en China en donde éste cultivo alcanzó un nivel considerablemente avanzado.

La sidra parece ser la primera fruta cítrica conocida por la población europea, fué mencionada por Teofrasto (300 años a.c.) La sidra en una de sus variedades el "etrog" se menciona en la Biblia, desde Palestina se extendió la sidra al parecer a Grecia, Italia y otros países de la región del mediterraneo donde el clima es un poco cálido, que es donde se desarrolla los cítricos. Algunos autores (Clausius, Bauhinus y Ferrari) atribuyen a Palladius el mérito de la naturalización de la sidra en Italia. Palladius escribe en "De re rustica" de la sidra como una planta bien conocida no solo en Cerdeña, sino también en el norte (en la sierra). La introducción de la planta se debe remontar al siglo II d.C. Otros miembros de la familia de las rutáceas, fueron introducidos median

te la expansión del Imperio Árabe.

Los árabes en realidad importaron de la India el naranjo amargo y el limón, hacia el siglo décimo y sucesivamente lo introdujeron en varias zonas del mediterráneo. Posteriormente, los Cruzados, que fueron excelentes comerciantes, extendieron la distribución de estas y otras variedades sobre la famosa ruta Genevesa.

Los Portugueses contribuyeron después al exparcimiento y popularización del cultivo de la naranja, introduciendo variedades superiores. Algunas especies como el limón, la lima y el naranjo amargo empezaron a ser mencionados por los historiadores europeos solo después de las cruzadas. La naranja dulce fue la última especie que se introdujo en Europa, aproximadamente en el año 1400 d.C.

Ninguna especie del grupo de los cítricos fue indígena del Continente Americano. Cristóbal Colón, en su segundo viaje a América (1493) introdujo en Haití la naranja amarga, la sidra y el limón, en realidad en aquella época estaban difundidos en las huertas del Viejo Mundo, especialmente en España, la cual había tenido mucha influencia árabe; las semillas y las plantas traídas por Colón, parece ser que provinieron de las Islas Canarias.

Sin embargo, la primera planta cítrica llegó al continente hasta - 1518 y el primer lugar en América donde el cultivo adquirió importancia comercial fué en la Florida. Esta región se presentó favorablemente al desarrollo de los cítricos, ya sea porque en aquella época estaba poblandose más densamente o bien porque las condiciones del suelo y clima eran favorables.

Sucesivamente los cítricos se difundieron a lo largo de las costas del mar de las Antillas y del Golfo de México, alcanzando finalmente California, una zona destinada a alcanzar una gran importancia en la producción mundial.

Por lo que corresponde a Sud-América, la primera noticia cierta - que se tiene se refiere al año de 1540, cuando fueron introducidos a Sao Paulo (Brasil) por los portugueses diversas especies de cítricos.

En la parte meridional del Continente Americano, los jesuitas contribuyeron mucho a la difusión de los cítricos en los alrededores de sus misiones (Brasil, Perú y Argentina).

En la opinión de algunos historiadores (Guter), es posible que el

limón haya llegado a la Costa Oeste de la parte Norte de Sud-América (Colombia y Ecuador) y a Centro América por las islas del pacífico, llevada por los polinesios, está hipótesis explicaría la gran abundancia de lima silvestre en la selva y áreas poco exploradas de Centro América y la parte norte de Sud-América, particularmente en la costa del Pacífico.

Sucesivamente a la introducción en América, los cítricos fueron llevado a África y a Australia alcanzando los dos continentes en 1564 y 1788 respectivamente.

Con respecto a la elaboración de esencias tenemos que los primeros informes respecto a la producción, ya en el año de 1500 algunos autores hacen referencia a las esencias de naranja y limón. Tal aceite fué llamado "neroli", que proviene del nombre de la princesa Neroli, de la familia de los Orsini, quienes tienen el mérito de haber introducido este perfume a las cortes europeas.

El proceso de extracción de aceite, basado en exprimir la cascara se remonta a 1700. En dos cartas de 1776, el abad Dominico Sestini describe, entre otras cosas, la extracción del aceite mediante el proceso de la esponja con detalles técnicos que coinciden con los actuales.

Por 1840 Nicolas Barilla, inventó la primera máquina de tosca -
construcción y no automática. Esta máquina resulta evidente deri
vación de la Scodella" que parece fué usada antiguamente en Italia,
si bien es originaria del sur de Francia y encontró amplia aplica-
ción en las Antillas (Indias Occidentales)

1.2. CARACTERISTICAS DEL ARBOL.

Su altura mide entre 3 a 5 metros y suele dar flores y frutos en todas las estaciones. Sus hojas son coriáceas, ovales y dentadas , generalmente con una espina que les nace en la base. Las flores presentan un tinte rosado por fuera , pero interiormente son blancas.

El fruto es un hesperidio , originario del NO. de la India - fue introducida en la región mediterranea por los Arabes el año 1000 . Se cultiva en las zonas de clima suave y presenta numerosas variedades ; Eureka,Mexicano, sin semilla etc. es uno de los cítricos más exigentes y delicados . El fruto es de forma ovoide , con un mamelón apical , color amarillo claro y corteza lisa o algo rugosa; la pulpa es amarillenta de sabor ácido muy agradable . De su corteza se extrae una esencia y se emplea asimismo para preparar tinturas, jarabes , etc.

1.3. VARIETADES.

1.3.1. EUREKA:

Características del fruto:

Este tiene cáscara rugosa no muy gruesa y no es muy jugoso.

Características del árbol:

Este aguanta poco el frío, florece todo el año pero la mayor cantidad de fruto lo da en primavera y verano.

1.3.2. MEXICANO:

Características del fruto:

Es de cáscara delgada y lisa, su pulpa es muy jugosa y normalmente es el más pequeño de los limones.

Características del árbol:

Es propio de las zonas más cálidas del país, florece principalmente en primavera y da frutos en otoño pero es posible cambiar lo anterior por medio de las condiciones del riego

1.3.3. SIN SEMILLA:

Características del fruto

Es de cáscara delgada, su pulpa es muy jugosa, pero poco ácida, sin embargo es el más grande de los limones.

Características del árbol:

Este aguanta el frío, florece en otoño y da frutos en invierno.

1.3.4. GENOVA:

Características del fruto:

Es de cáscara entre mediana y gruesa, medianamente lisa, tiene peson y es de buen tamaño su pulpa es muy fina, y es muy jugosa y tiene abundantes semillas.

Características del árbol:

Se desarrolla muy rápido y su tronco y ramas no tienen espinas resiste muy poco el frío, florece de primavera a otoño

1.3.5. LISBOA:

Características del fruto:

Tiene cáscara gruesa y lisa y su pulpa es medianamente jugosa y contiene poca semilla.

Características del árbol:

Empieza a producir frutos más o menos a los tres años resiste muy poco el frío y su tronco y ramas tienen poca espina.

1.4. SIEMBRA:

Las semillas se deben sacar de los frutos mas grandes y sanos, además estas semillas deberan ser lavadas y secadas a la sombra y posteriormente desinfectadas con CAPTAN (Helios), MANEB ó ZINEB ó cualquier otro producto que sirva para evitar los hongos, la proporción en que se aplica viene indicada en el embase por el fabricante.

El semillero (plantero) éste se puede hacerse sobre el piso, en bolsas, en botes o macetas.

La tierra para los semilleros deberá ser prepa

rada de la siguiente manera: tierra (humus), - arena y estiercol en partes iguales, hay que -- cribar la tierra y arena para evitar que lleve piedras mayores de medio centímetro, ya que -- estas rompen el cepellón. Para evitar enfermedades en las plantas hay que desinfectar la tierra con formol al dos por ciento a la vez que hay que cubrir la tierra por tres días, se destapa y se remueve dejandola que se seque alrededor de ocho días.

Para plantar la semilla ponga ésta a mas ó menos dos y medio centímetros de profundidad y - si estas se planta en el piso hay que plantarlas en filas y la distancia entre una y otra va a - ser tomando en cuenta el tamaño a que se desea transplantarlas entre más grande se deseen mayor será la distancia entre éstas si por ejemplo el transplante se hace al año la distancia de - una y otra será entre cinco y ocho centímetros y la distancia entre una fila y la otra entre - quince y veinte centímetros.

1.4.1. RIEGO:

Antes de nacer éste debe ser diario y además se deben cubrir con hojas o paja para mantener la humedad, ya nacidos el riego se hace cada tercer día, para que el crecimiento sea más rápido se puede fertilizar con sulfato de amonio la proporción será de alrededor de medio gramo por cada planta, hay que tener cuidado de que no le caiga a la planta directamente para no secarla.

1.5. INJERTO:

OBJETIVO.-Este se hacer para tener la variedad deseada con la resistencia de una planta crioya las que están aclimatadas a la región por lo que resisten más también a las plagas.

NOTA:

Al limonero no se le injerta normalmente de otra variedad de limonero esto es debido a que es un árbol muy resistente a las plagas y sequías por lo que es más bien usado como patrón para injertarle naranjo dulce.

1.5. VARIEDAD DE INJERTOS

Existen principalmente tres tipos diferentes - de injerto el de aproximación el de pñas y el de escudete, esté ultimo es el más usado, la forma de hacerlo es el siguiente:

Primeramente se debe practicar en la corteza - del patrón una incisión en forma de T que lle- gue hasta la albura, se abren los bordes de la incisión se inserta entre ellos el fragmento - de corteza con yema de la planta que se quiere injertar y se sujeta con una ligadura.

NOTA: Las yemas deben de proceder de ramas tiernas del árbol seleccionado, de buen vigor, exentos de en fermedad y de buena producción cualitativa y cuan titativa.

1.6. TRANSPLANTE:

Este se hace entre uno y dos años que es lo más adecuado por el tamaño del cepellón el que se tiene que transportar para plantarlo, se hacen los surcos de acuerdo a la distancia a que se va a plantar, se hace la cepa al lado del sur- co previamente determinado, se desinfecta con cal viva y se pone de 150 a 200 grs. de ferti- lizante (sulfato de potasio si es posible se pone encima estiércol si no lo hay ponga tierra para evitar que las raices

toquen el fertilizante, posteriormente relle-
ne los lados del cepellón, riegue el árbol y
pinte el tronco con cal viva para evitar que
suba la plaga.

1.6.1. CANTIDAD DE ARBOLES POR HECTAREA

Si se plantan a	7 m.	uno de otra	caben	196	árboles
"	8 m.	"	"	156	"
"	9 m.	"	"	121	"
"	10 m.	"	"	100	"

Como se puede observar que los árboles se pueden plan-
tar hasta a 7 m. uno de otra como mínimo, debido a que
más cerca estos crecen muy altos y además cubren todo -
el espacio entre ellos, por lo que es difícil cosechar
el fruto, por tal motivo se debe evitar plantarlos a -
menor distancia.

1.6.2. FERTILIZACIÓN DEL ARBOL:

Está se debe hacer anualmente poniendo alrede
dor del árbol una mezcla de 100 grs. de sulfato
de potasio, 100 gr. de sulfato de calcio sim-

ple y 250 grs. de amonio, hay que tener cuidado de que ésta mezcla no toque el tronco del árbol, además se debe tapar y enseguida regar. La mezcla anterior es para árboles hasta cuatro años, para mayores de cuatro años hay que duplicar las cantidades anteriores. Además de lo anterior se debe añadir hasta 20 Dm.³ de estiércol.

1.7. ENFERMEDADES:

Estas pueden ser causadas por bacterias, hongos y virus. Pudrición verde o azul.

Esta se desarrolla en el fruto haciendo heridas en la cáscara donde se ven como capas de polvo verde o azul con la orilla blanca como algodón-cillo.

1.7.1. PUDRICION CASTAÑA:

Esta sale más frecuentemente en el tronco del árbol donde se ven manchas cafés de donde le sale goma además de que produce pocas hojas las que a su vez pierden su color y a los frutos les salen manchas color café y estos huelen mal.

1.7.2. MELANOSIS:

En esta enfermedad al fruto le salen manchas oscuras y muy chiquitas, las cuales se vuelven cicatrices rasposas las hojas enfermas pierden su color, no crecen y se caen y los frutos se agrietan al madurar.

1.7.3. FORMA DE COMBATIR LAS PUDRICIONES, LA MELANOSIS Y LA ANTRACNOSIS.

Ponga una parte de cal y una de sulfato de cobre en cuarenta de agua (1 : 1 : 40) y rocíe la mezcla cada dos semanas, o también se podrá usar "cupravit" dos cucharadas grandes en 10 Lts. de agua.

1.7.4. ANTRACNOSIS DE LOS CITRICOS:

En días calurosos y húmedos los frutos que están contagiados con esta enfermedad les aparecen manchas verdes las cuales se vuelven costras redondas cuando la fruta se madura.

1.7.5. CANCER DE LOS CITRICOS:

Tanto a las hojas como a los frutos les apare

cen pedacitos de corcho con rajaduras en el -
centro .

1.7.6. TRISTEZA DE LOS CITRICOS:

En ésta enfermedad las hojas se caen, las ramas
y raices se secan y todas las ramas se cuelgan.

1.7.7. FORMA DE PREVENIRLA:

Como los que transmiten ésta enfermedad son los
pulgonos estos se combaten con AGRIMYCIN 500, -
a 10 Lts. de agua agregue 60 grs. de Agrimycin
y rociela al árbol una vez a la semana hasta -
que los pulgonos desaparezcan.

1.8. PLAGAS:

Estos se dividen en insectos masticadores, chu-
padores y formadores de escamas.

1.8.1. INSECTOS MASTICADORES:

Son los que se comen las hojas, las flores
y los frutos, algunos de estos son .
Gusanos y pulgas saltonas

1.8.2. **FORMA DE COMBATIRLOS:**

Para los gusanos, disuelva una cucharadita de sal por cada dos lts. de agua y rocíe sobre la planta, pero una forma más efectiva para estos y los pulgones es rociar LUCATHION, PARATHION METILICO ó FOLIDON 50 a razón de un centímetro cúbico por cada 3 lts. de agua.

1.8.3. **INSECTOS CHUPADORES:**

Estos metén sus picos en las ramas, hojas, flores y frutos, a los cuales les chupan sus jugos con lo que destruyen estas partes.

Algunos de estos insectos son:

La araña roja y la araña amarilla

1.8.4. **FORMA DE COMBATIRLOS**

Mezcle a cada 10 lts. de agua 100 grs. de azufre y rociela sobre el árbol

1.8.5. **ESCAMAS:**

Existen tres variedades de estas, la roja

la morada, y la negra.

La escama roja ésta seca las ramas tiernas, las hojas se caen y a los frutos les salen puntos amarillos.

La escama morada las hojas infectadas se caen, los frutos se deforman a la vez - van quedando manchado, y si las escamas estan cerca del tallo el fruto se cae.

Escama negra; esta produce una mielecilla donde se reproducen hongos negros en hojas y frutos.

FORMA DE COMBATIRLOS

Mezcle una cucharada de aceite mineral por cada litros de agua y rocíele sobre el árbol.

1.8.6. PIOJOS HARINOSOS

Este cubre la parte posterior de las hojas, sobre los frutos, y en los pliegues de las ramas, formando capas como de algodón, esto hace que los frutos se caigan antes de madurar.

FORMA DE COMBATIRLOS

Disuélva 4 paneas de jabón de pastilla en
10 lts. de agua y rociela sobre el árbol

FORMA DE PREVENIR:

Pinte el tallo de los árboles en diciembre
con una lechada de cal.

1.8.7. MOSCA BLANCA Y PRIETA

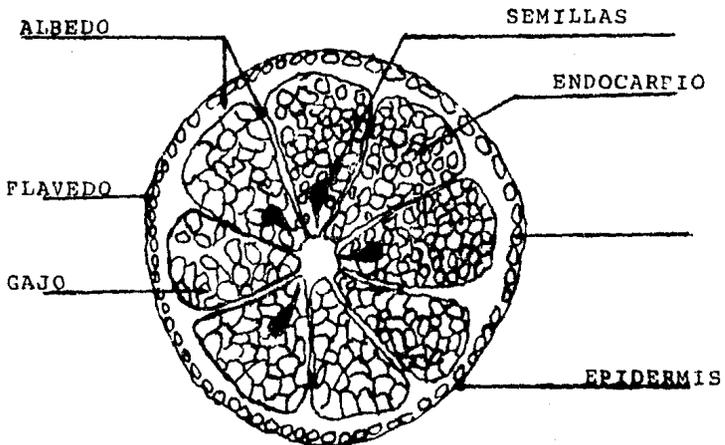
La primera forma pelusa blanca en la parte poste-
rior de las hojas, y la segunda produce una miel
en la que viven hongos negros que matan a las -
hojas.

FORMA DE COMBATIRLOS

Hagalo en la misma forma que para los pio-
jos harinosos.

1.9. ANATOMIA DEL FRUTO

Si se examina la sección transversal de un fruto empezando por la parte exterior, se observarán las siguientes partes: Epidermis, Epicarpio, Albado, Endocarpio, Semilla y Celdas que contienen el aceite como se muestra en la figura.



a).- Epidérmis

Película protectora primaria que procede de las células superficiales del meristemo apical, cuyo espesor es mínimo.

b).- Epicárpico ó Flavedo.

Está constituido de un tejido parenquimatoso rico en pigmentos (cloroplastos), dentro de

éste se encuentra el aceite esencial.

c).- Albedo

Se trata de un tejido parenquimatoso, formado de células de forma irregular esponjosa, y de color blanco con grandes espacios intercelulares llenos de aire.

d).- Endocarpio

Es la porción comestible, está constituido de segmentos o gajos distribuidos alrededor de un eje central, los segmentos están envueltos en una sutil membrana en el interior de ésta se encuentran las celdillas que contienen el jugo en delgadísimas paredes.

e).- Las Semillas

Estas se encuentran situadas alrededor del eje central dentro del Endocarpio.

Zona del fruto que contiene el aceite esencial las celdas que contienen el aceite se encuentran distribuidas irregularmente en el epicarpio, dentro de los estratos inmediatamente debajo de la epidérmis, dichas celdas tienen un diámetro de alrededor de 0.4 a 0.5 mm. no tienen paredes propias, sino están limitadas por estos degradados de elementos celulares, por otra parte no presentan comunicación alguna con los tejidos que la

rodea.

Las celdas están circundadas por células - que contienen una solución acuosa rica en - sales, azúcares y colóides; y ejercen una - fuerte presión sobre las celdas, así que el aceite está sometido a una presión de tur-- gescencia pronunciada que aumenta cuando la cáscara está en contacto con el agua, ya - que debido al fenómeno de osmosis tiende a entrar en las células que contienen las sa- les.

Nota: Es imposible extraer el aceite de la corteza si a éste no le han sido ro-- tas sus celdas, lo cual se logra por medio de prensado o mancerado de és-- tas, y sin lo anterior ni con una des- tilación enérgica de los limones ente- ros es posible extraer dicho aceite , hay que tener muy presente de no de-- jar en contacto los tejidos exprimi- dos del fruto con el jugo extraído, porque será absorbido por dichos teji- dos con gran rapidéz.

II
CAPITULO

2.- PROCESOS DE EXTRACCON DEL ACEITE ESENCIAL.

2.1. PROCEDIMIENTO QUE SE REALIZA SOBRE EL FRUTO ENTERO.-

Este se fundamenta en extraer el aceite de la corteza del fruto sin extraer el jugo, para hacer esto de alguna manera se debe romper la epidermis, para lo cual hay los siguientes métodos:

- 1.- Lancerando la epidérmis con picos
- 2.- Presionando los frutos para crear zonas de presión en la cáscara lo que hace brotar el aceite de sus celdas.

El medio para recojer el aceite en los dos casos anteriores son:

- a. Con esponja, con la cual se absorbe el aceite y posteriormente se exprime.
- b. Arrastrando el aceite al lavar el fruto en el momento de ser procesado, ésta agua es conducida a una centrifugadora la que separa el aceite del agua.

NOTA: normalmente se utilizan dos centrifugadoras en serie.

- c. Por reposo y posteriormente decantado, éste se emplea solo cuando no se le aplica agua al proceso.

3.- Por arranque fraccionario de la corteza, éstos pedazos son -
recojidos en sacos de nylon, los que posteriormente son com--
primidos en prensas hidráulicas.

2.2. PROCEDIMIENTO QUE SE REALIZA SOBRE EL FRUTO TRITURADO

1.- Al triturar el fruto entero mediante molinos hay básicamente
dos medios de arrastre del aceite:

a. En éste el jugo es el único medio de arrastre, sin embargo
en la cáscara se queda una buena cantidad de aceite que se -
pierde.

b. En este además del jugo la cáscara es lavada con agua para -
que arrastre el aceite residual en ésta, pero no hay que olvii
dar la pérdida de calidad debido a la adición del agua, la -
cual reduce los constituyentes oxigenados como son el citral,
linanol, etc.

Los medios para separar el aceite de la emulsión, pueden ser:
el de arrastre de vapor con reposo y decantado, y la extracción
por medios mecánicos, centrifugado, el que se realiza
normalmente en dos pasos.

2.- Extraer primero el jugo y después prensar las cáscaras mediante prensas hidráulicas o rodillos.

Nota: En éste caso el aceite es un subproducto debido a que el principal es el jugo y esto generalmente solo se hace en la naranja.

2.3. PROCEDIMIENTOS MANUALES

2.3.1. MEDIANTE CUCHARA:

Esta es una cuchara la cual esta modificada de tal manera que la punta tiene la forma redonda para adaptarse al fruto además es aguda, la manera de extraerlo es presionandolo y girandolo a la vez y se va recogiendo el aceite para pasarlo a un recipiente para posteriormente almacenarlo.

2.3.2. A LA ESCUDILLA:

Originalmente ésta era de madera con puntas, las cuales eran clavos de latón, actualmente ésta madera se ha sustituido por cobre, la escudilla tiene la forma de un embudo donde estan montados los clavos, el operario debe presionar los frutos -

con suavidad, a la vez que les da un giro de rotación para -
con los clavos desgarrar las celdillas del aceite, este se -
recoge con pedazos de cáscara el cual se cuele y los pedazos
se prensan para extraerles el aceite que hayan absorbido.

2.4. PROCEDIMIENTOS MECANICOS.

2.4.1. RALLADOR CIRCULAR:

Este es un disco con agujeros que gira, impulsado por un mo-
tor, sobre el disco hay una tapa, la cual tiene orificios pa-
ra que el operario lo ponga en contacto con el disco sin que
le pegue éste en la mano, a la vez va girandolo para irle qui
tando toda la corteza, la cual posteriormente es prensado den
tro de sacos en prensas hidráulicas para extraer el aceite.

2.4.2. MAQUINA PERRONI PALADINI: (1908)

Esta fuerza los frutos por un canal provisto de resortes para
mantener la presión del fruto aunque varíe el tamaño de éste,
el canal tiene ralladores y molduras con la forma del perfil
del fruto, el cual es arrastrado por una cinta que contiene -
ralladores, en seguida éste pasa a otro canal que tiene espon-
jas para retener el aceite que queda en la cáscara.

2.4.3. MAQUINA LO VERDE: (1914)

Esta en lugar de cinta que force los frutos ~~utiliza~~ una rueda la que contiene puntas que forzan a estos a través de un canal curvo de bronce el cual también contiene puntas y esto se efectúa bajo el agua.

NOTA: Este procedimiento rompe muchos frutos por lo que se produce un aceite de baja calidad.

2.4.4. MAQUINA VINCI: (1917)

Esta en lugar de cinta tiene peines flexibles, hechos de acero inoxidable y unidos de tal forma que constituyen una cadena flexible para poder aceptar los frutos de diferentes tamaños.

NOTA: Aunque en menor número pero también en gran cantidad había frutos rotos, por lo que el aceite era de baja calidad.

2.4.5. MAQUINA ANDO:

Está construida con dos discos horizontales uno fijo y otro giratorio (30 rpm) estos discos están separados alrededor de 25 mm. y recubiertos por vidrios asperos en las caras de el lado que queda entre los discos, el aceite es arrastrado por un baño de agua la cual es conducida a una centrifugadora para

ser separado. El aceite obtenido por este metodo es de buena calidad.

2.4.6. MAQUINA SFUMATRICE INDELICATO TIPO M.K.

Está construida de una caja de acero inoxidable - muy pesada, y en su interior hay dos planos vibrantes formados por puntas con sierras de acero inoxidable, separados las puntas un centímetro, sobre la parte superior tiene un eje en cuyas extremidades estan colocadas dos masas excentricas y por medio de un motor se transmite al eje el movimiento necesario para que éste gire alrededor de 2500 rpm. y obtener vibraciones cuya amplitud es de 4mm. una tolva colocada en la parte posterior de la máquina regula la entrada de los frutos y por medio de paletas de plástico o acero inoxidable se regula el tiempo que estarán los frutos dentro de los planos, este tiempo va a depender del grado de maduración de estos, el rango de tiempo que permanecieran está entre 50 y 200 seg., el efecto de vibración hace que los frutos salten, reboten y giren en todos los sentidos, con lo cual se rompen las celdas al

pegar contra las puntas lo que da lugar a que se expulse el aceite, el cual es arrastrado por una lluvia de agua, esta es pasada a través de un cedazo, y el líquido es centrifugado para separar el aceite del agua.

2.4.7. MAQUINA IFAC - SCHWOB:

Esta trabaja con el principio del torno sujetando el fruto por sus extremidades y haciendolo girar, y con una aguja fija en un soporte penetra dentro de la cáscara y avanzando de un extremo al otro del fruto, y debido al giro y al avance ésta hace un surco helicoidal lo cual va rompiendo las celdas, las cuales liberan el aceite, y éste es proyectado contra las paredes debido a la fuerza centrífuga del giro; y por gravedad es recogido.

2.4.8. MAQUINA ESTILETE I :

Esta funciona con el mismo principio que la anterior solo que ésta su funcionamiento es manual.

2.4.9. MAQUINA AVENA (1924)

Esta máquina está constituida de dos platos den--

tro de un tambor, las paredes laterales del tambor y la parte superior de los discos están cubiertos de puntas piramidales de acero inoxidable, la carga de la fruta se hace por medio de dos tolvas superiores las que además dan la medida de la cantidad de fruto para cada plato, estos ya cargados se ponen a girar y con las rpm. podemos regular la fuerza centrífuga con que serán proyectados los frutos contra las puntas de las paredes, con lo que a la vez se regula la profundidad de penetración, y con el tiempo dentro del tambor se regula la cantidad de abrasión, el aceite es arrastrado por una lluvia de agua la cual es conducida a una centrifugadora para ahí separar el aceite del agua.

NOTA: con el aumento de las rpm. se incrementa la cantidad de aceite por hora, pero disminuye la calidad.

2.4.10. MAQUINA SPECIALE (1928)

Esta máquina está formada por un ducto de varios metros de largo por donde se hacen correr los

frutos, en la parte inferior hay dos pares de rodillos cada una gira en sentido opuesto al adyacente, esto hace que los frutos estén rodando, y por medio de un gusano helicoidal éstos se desplazan de un extremo a otro, tanto los rodillos como el gusano están cubiertos de asperezas con lo que raspan la corteza del fruto, un baño de agua arrastra el aceite y los pequeños pedacitos los cuales son separados por medio de mallas y la emulsión - agua-aceite es conducida a la centrifugadora para separar el aceite del agua o va a un vaso de decanación donde permanece de 3 a 12 horas para que se rompa la emulsión.

2.4.11. MAQUINA FRESER BRACE:

Esta es igual a la anterior, solo que las asperezas son de carborundum y los rodillos giran a alta velocidad, de esta máquina se obtiene un alto rendimiento pero una baja calidad.

2.4.12. MAQUINA DRUM EXTRACTOR:

Está constituida de un cilindro rotatorio horizontal y se construyen de 6 a 9 metros de largo y un

metro de diámetro, para hacer la abrasión de la -
corteza éste tiene puntas metálicas dirigidas ha-
cia el interior, los frutos son obligados a ir de
un extremo al otro por medio de un gusano helicoi-
dal y regulando las revoluciones de éste se regula
el tiempo de abrasión, una lluvia de agua arrastra
el aceite y los pedasitos estos son separados por
medio de mallas, mientras que la emulsión es con-
ducida a la centrifugadora para separar el aceite
de el agua.

NOTA: Esta máquina tiene un bajo rendimiento.

2.4.13. MAQUINA ABATTIMENTO

Esta máquina funciona bajo el principio de sacudi-
miento y sin utilizar agua, en ésta entran los -
frutos sin seleccionar al cilindro vertical, el -
cual tiene revestida las paredes y el fondo, la
profundidad de abrasión del fruto se regula con -
el tiempo que dura el proceso, para separar el -
aceite lo que se hace es recojer los lodos los -
que se meten en sacos de nylon para con prensas -

hidráulicas exprimirlos y así obtener el aceite.

2.4.14. MAQUINA FMC IN LINE:

En ésta los frutos se colocan en una copa formada por dedos que comprimen uniformemente el fruto - contra una semiesfera inferior, la cual está provista en la parte superior de un cuchillo circular que al penetrar al interior del fruto permite la expulsión del jugo; la presión se aumenta por medio de los dedos que ensamblan entre si, estos rompen las celdas expulsando el aceite junto con el líquido de la cáscara además se le aplica una lluvia de agua lo que arrastra la emulsión y éste es conducida a la centrífugadora donde es separado el aceite.

El fruto se expulsa para seguidamente se coloque otro.

NOTA: Los frutos son seleccionados por el tamaño para que sean introducidos en copas apropiadas a está.

2.5. PROCESO QUE SE REALIZA SOBRE LA CASCARA DESPRENDIDA

2.5.1. PROCEDIMIENTO MANUAL A LA ESPONJA:

En éste la cáscara es primeramente separada del fruto por medio de un cuchillo con forma de cuchara y bordes afilados posteriormente la cáscara es lavada con agua de cal y se deja escurrir y secar de 3 a 4 hrs. en tiempo caluroso, variando éste a medida que el tiempo es más frío, al endurecerse los tejidos se facilita en el momento de la extracción la expulsión del aceite lo que se logra comprimiendo varias veces con movimientos giratorios sobre un travesaño y una esponja y de ahí se pasa a un jarro donde por simple decantación se separa el aceite de los otros líquidos y detritos, también se utilizó una máquina manual que consistía en una palanca para poder comprimir con mayor presión la cáscara y con menor esfuerzo del operario, el que podía ser un niño o una mujer.

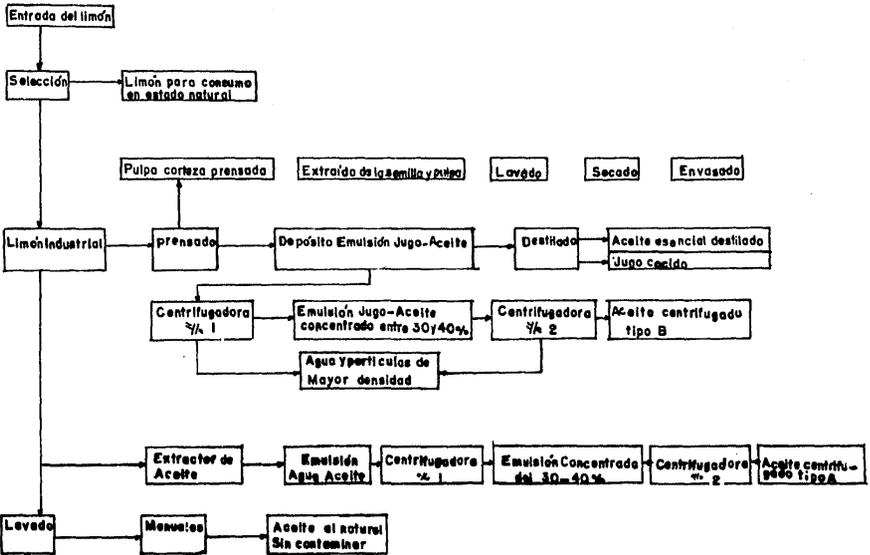
El rendimiento es entre un 25 a un 30% lo que es muy bajo.

NOTA: El principio de crear zonas de presión y depresión alternas las que determinan la rotura de las celdas.

2.5.2. MAQUINA AJON:

En ésta la cáscara es comprimida entre dos rejillas metálicas, una fija y otra móvil deformando y plegandola fuertemente el aceite se expulsa entre las rejillas y es recolectado en un recipiente, y posteriormente la cáscara es limpiada con una esponja para agotar al máximo el aceite.

DIAGRAMA DE FLUJOS DE LOS PROCESOS DE EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE LIMÓN



III CAPITULO

3.- "PROCESO DE EXTRACCION DEL ACEITE DE LIMON POR ARRASTRE DE VAPOR"

3.1. INTRODUCCION.

Este es uno de los métodos más antiguos de extracción de los aceites, aplicado también al limón, en México fué el primero en ser empleado y en la actualidad es el más utilizado, ya que el 90% de la producción nacional es por éste método.

3.2. DESCRIPCION DEL PROCESO.

En éste proceso se requiere del siguiente equipo: Una tolva de almacenamiento, molinos (normalmente de tornillo), tanque de almacenamiento de la emulsión jugo-aceite, caldera, alambique, condensador, vaso florentino y tambores para almacenar el aceite; éste equipo varia en sus características comerciales, debiendo ser adquiridas sus partes por separado, ya que no existe un fabricante especializado en plantas de extracción de aceite, por lo que se dará una explicación más amplia de este:

3.2.1. ALMACENAMIENTO.

El fruto es recibido en una tolva de la cual pasa al equipo donde sera molido. Para subir el fruto se hace por medio de cadenas o manualmente en cajas, estas se fabrican de acuerdo a la capacidad de procesamiento de la destileria tomando como relación la cantidad necesaria de 2 días de molienda, las razones principales son; el espacio ocupado por el fruto y la fermentación de los frutos dañados.

3.2.2 MOLIDO DEL FRUTO.

El molido del fruto se hace por medio de un molino el - que puede ser:

- a) -- Prensa de Gusano Helicoidal; la cual está constituido de un cuerpo circular donde está montado el gusano, el cual se va haciendo más grueso hacia el - extremo, lo que hace que se aumente la presión gradualmente al ir avanzando el fruto hasta la salida de la cáscara por un orificio lateral en el extremo posterior del cuerpo de la prensa, mientras que el aceite mezclado con el jugo sale por la parte - inferior. Estas tienen un rendimiento máximo entre 600 y 800 $\frac{\text{Kg}}{\text{Hr}}$ y son construidas en bronce.

b).- Prensa de tornillo: Ésta formada por un tornillo cónico de núcleo recto (de igual diámetro) y una camisa o cuerpo de la misma forma cónica, construida de acero inoxidable con agujeros radiales de 6.3 mm., en ésta la presión va aumentando a medida que el fruto avanza hacia el extremo posterior, por donde se expulsa la cáscara triturada del fruto, ésta es recogida por una banda que la conduce, ya sea hacia el almacén de forraje o hacia la cámara de secado, para que posteriormente sea envasada y vendida (ésta se emplea en la fabricación de pectina); mientras que la emulsión jugo-aceite es conducida al tanque de almacenamiento, a través de una red de tuberías.

3.2.3. Tanque de Almacenamiento: Éste se fabrica de algún material que no sea atacado por la acidez del jugo (ácido cítrico), éste puede ser de acero inoxidable ó de hormigón recubierto de azulejo.

3.2.4. Caldera: esta se adquiere de fábrica tomando en cuenta los siguientes datos: los BHP, la presión

de operación, la cantidad y calidad del vapor, los diseñadores de estas plantas mínimo deben dejar un 100% de margen para cuando se requiera aumentar la velocidad de destilación. se puede hacer (aún que la información recabada nos dice que dejan hasta 5 veces la capacidad calculada o sea el 500%), la caldera nos proporcionará el vapor necesario para el funcionamiento del alambique:

Nota: No hay que olvidar el tener cuidado de adquirir equipo que cuente con servicio de respuestos y de mantenimiento.

3.2.5. EQUIPO DE DESTILACION.

3.2.5.1. ALAMBIQUE: en éste se introduce la emulsión jugo-aceite la cual se evapora con calor suministrado por el vapor, éste puede ser introducido directamente en el jugo, en una chaqueta en el recipiente donde esta la emulsión, o por medio de un serpentin colocado dentro del recipiente que contiene la emulsión; el material de que se construyen los alambiques es de lamina estañada, latón, aluminio y en el mejor de los casos de acero inoxidable.

En la emulsión la evaporación empieza por los elementos de más baja densidad terminando por los mas pesados, por lo que se recomienda no interrumpir la destilación cuando se obtiene poco aceite en el vaso, sino hasta que por lo menos quede un 40% del volumen total introducido al alambique, todo el jugo evaporado es conducido al condensador

3.2.5.2 CONDENSADOR: a éste llega el vapor del jugo de limón evaporado en el alambique para ser condensado la construcción de éste se realiza en lamina de acero galvanizado, latón, aluminio o acero inoxidable, la temperatura a que debe salir está entre 40 y 70°C y lo que más se puede bajar es la temperatura de la entrada del agua de enfriamiento.

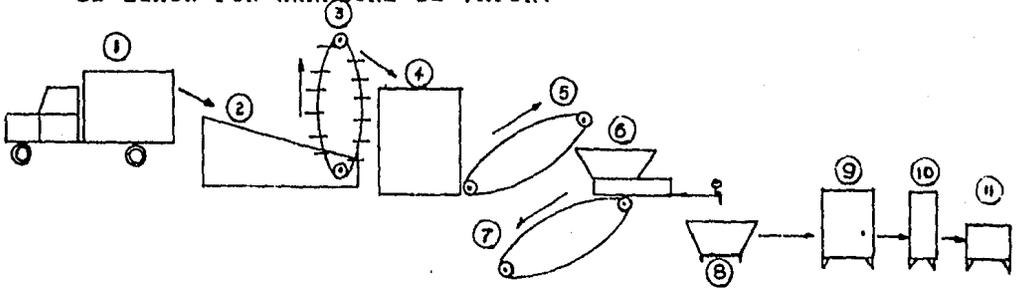
Este también se deja con un margen de superficie de un 200% para asegurar un condensación eficiente

De aquí el líquido condensado es conducido al vaso florentino a través de un embudo.

3.2.5.3. VASO FLORENTINO: éste tiene la función de almacenar el líquido condensado, éste debe permanecer en repo

so por lo menos una hora, para que por diferencia de densidades se separe el aceite de el agua, el aceite será recogido por medio de una llave cada que se forme una capa sobre la superficie del agua, ésta se deja que seá por lo menos de un centímetro, para que asi seá mas fácil de recoger; el material de que se fabrica el recipiente debe ser un material que no seá atacado por el aceite; debido a que es pequeño generalmente es de acero inoxidable, aunque también puede ser de lamina estañada, aluminio, latón; después de ser recogido éste es almacenado en recipientes de 50, 100 y 200 lts., estos pueden estar fabricados en aluminio, lamina galvanizada o cualquier otro material que no lo ataque el aceite, además de que éste debe llenar totalmente el recipiente, y debe estar totalmente cerrado para evitar al máximo su oxidación. El aceite soporta dos años almacenado si se tiene a una temperatura máxima de 10°C

DIAGRAMA DE FLUJO DE LA EXTRACCION DE ACEITE ESENCIAL
DE LIMON POR ARRASTRE DE VAPOR.



- 1.- Transporte de la huerta a la fábrica .
- 2.- Tolva para recibir el fruto.
- 3.- Cadena para transportar el fruto para el almacen.
- 4.- Tolva para almacenar el fruto.
- 5.- Cadena para transportar el fruto a los molinos.
- 6.- Molino .
- 7.- Cadena para transportar la cáscara molida .
- 8.- Tanque de almacenamiento de la emulsión (jugo-
-aceite) .
- 9.- Alambique .
- 10.- Condensador .
- 11.- Vaso Florentino .

IV

CAPITULO

4.- DISEÑO DEL EQUIPO PARA EXTRACCION DEL ACEITE ESENCIAL DE LIMON POR MEDIO DE ARRASTRE DE VAPOR

4.1. ANTECEDENTES:

Se planea construir una Planta de extracción de aceite esencial, la cual funcionara por el principio de arrastre de vapor, por condiciones de producción se diseñará con una capacidad de 4000 Kg. de jugo de limón por turno, debiendo entonces dimensionar el equipo requerido para dicha capacidad.

Los componentes básicos del equipo son: Alambique, condensador, vaso florentino y vaso colector del decantado, como componentes auxiliares se tienen; tolva de almacenamiento, molino, tanque de almacenamiento del jugo y caldera

4.2. Datos Básicos de Diseño

Cantidad de fruta por turno 5000 Kg.

tiempo de operación diaria 24 Hrs.

Producción de aceite 25 Hrs/turno = 4.17 Lts/hr.

El ciclo ó turno tiene una duración promedio de 6 hrs., por razones de seguridad, se consideraran unicamente 3 turnos al día.

Datos de construcción del alambique:

Material:

Acero inoxidable 304.

Motivo:

Este fué seleccionado debido a que no reacciona -
con el agua ni con el aceite.

Vapor :

Este se aplicará sobre una chaqueta.

Motivo:

Para facilitar su limpieza y su fabricación.

Aislante:

Fibra de vidrio.

Motivo:

Por tener exelentes características aislantes y -
no contaminar los alimentos.

Cubiertas exterior e interior del aislante:

Lamina de acero galvanizada calibre 18

Motivo:

bajo costo, resistente a la oxidación a la vez que
no esta en contacto con el jugo.

4.3. ALAMBIQUE:

4.3.1. Datos para el diseño del alambique.

$T_{ve} = 200 \text{ } ^\circ\text{C} = 392 \text{ } ^\circ\text{F}$ (temp. del vapor a la entrada)

$T_{vs} = 105 \text{ } ^\circ\text{C} = 230 \text{ } ^\circ\text{F}$ (temp. del vapor a la salida)

$\Delta T_v = 90 \text{ } ^\circ\text{C} = 94 \text{ } ^\circ\text{F}$ (temp. perdida por el vapor)

Nota: el anterior irá dentro de los tubos

$T_{js} = 110 \text{ } ^\circ\text{C} = 230 \text{ } ^\circ\text{F}$ (temp. del v jugo a la salida)

$T_{je} = 25 \text{ } ^\circ\text{C} = 77 \text{ } ^\circ\text{F}$ (temp. del jugo a la entrada)

$\Delta T_j = 85 \text{ } ^\circ\text{C} = 153 \text{ } ^\circ\text{F}$ (incremento de la temp.)

$P_{va} = 1.2 \text{ bar}$ (presión del vapor al alambique)

$P_{vc} = 3.0 \text{ bar}$ (presión del vapor en la caldera)

$P_{ja} = 1.43 \text{ bar}$ (presión del jugo en el alambique)

$\dot{m}_j = 4000 \text{ lt.}$ (flujo de masa total del jugo)

$t = 8 \text{ hrs.}$ (tiempo de duración del ciclo)

$A = ?$ (área de transferencia)

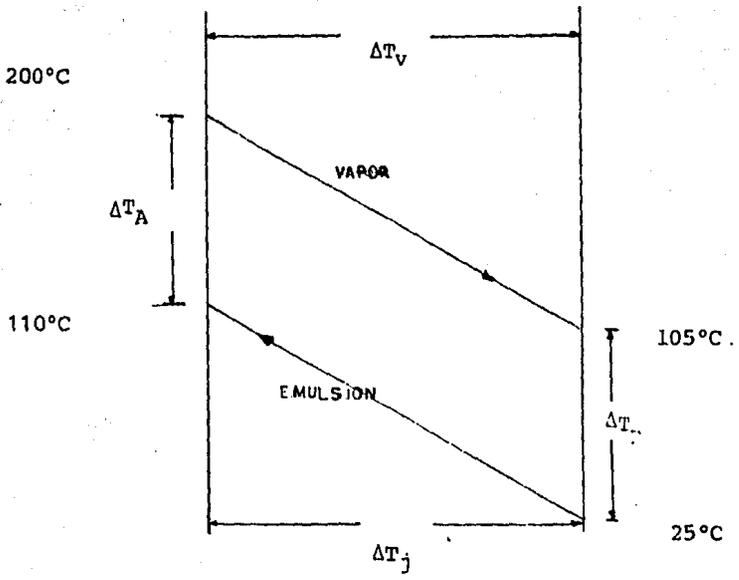
$L = ?$ (long. del tubo de transferencia)

$\phi = 0.0254 \text{ m.}$ (diámetro interior del tubo)

$e = 0.0598 \text{ pulg.} = 1.52 \text{ mm}$ (cal. 16)

$\Delta T_a = (200 - 110) \text{ } ^\circ\text{C} = 90 \text{ } ^\circ\text{C} = 162 \text{ } ^\circ\text{F}$

$\Delta T = (105 - 25) \text{ } ^\circ\text{C} = 80 \text{ } ^\circ\text{C} = 144 \text{ } ^\circ\text{F}$



FLUJO EN CONTRACORRIENTE

4.3.2. CALCULOS DEL ALAMBIQUE.

Condiciones del vapor de la caldera a la entrada del alambique

$T = 200 \text{ } ^\circ\text{C}$

$P = 3 \text{ bar.}$

$h_{v1} = 2865.6 \text{ KJ/kg.}$ (de tablas de vapor sobrecalentado)

Para las condiciones de salida se tiene:

$T = 105 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$P = 1.2 \text{ °C}$$

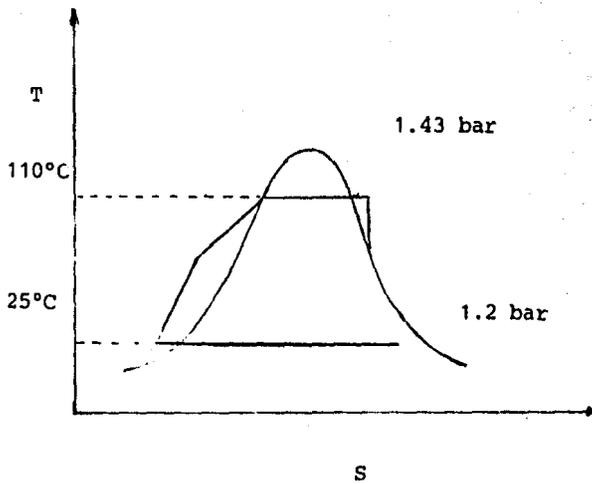
$$h_{v_2} = 439.6 \text{ Kj/Kg. (de tablas de vapor saturado)}$$

La energía cedida por el vapor en el alambique es:

$$\Delta h_v = h_{v_1} - h_{v_2}$$

$$\Delta h_v = (2865.6 - 439.6) \text{ Kj/kg.}$$

$$\Delta h_v = 2426 \text{ Kj/Kg.}$$



GRAFICA (T S) DEL JUGO DE LIMON

Las condiciones de entrada son:

$$T = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$P = 1.43 \text{ bar}$$

$$h_j = C_p T$$

$$= (1.187 \text{ Kg/Kg } ^\circ\text{C}) (25^\circ\text{C})$$

$$H_{je} = 104.675 \text{ Kj/kg}$$

Las condiciones a la salida son:

$$T = 110 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$P = 1.43 \text{ bar}$$

$$h_j = 2687.781 \text{ Kj/Kg (de tab. de vapor sat.)}$$

La entalpia ganada por el jugo es:

$$h_j = h_{js} - h_{je}$$

$$h_j = (2687.781 - 104.675) \text{ Kj/Kg.}$$

$$h_j = 2583.- \text{ Kj/Kg.}$$

$$q = m \quad h \quad / \quad 8 \text{ hrs.}$$

$$q = 400 \text{ Kg. (2583.78 Kj/Kg.)} \quad / \quad 8 \text{ hrs.}$$

$$q = 1291890 \text{ Kj/Hr.}$$

$$q = 1 \quad 224 \quad 453.3 \text{ Btu/hr.}$$

Esta es la energía necesaria para evaporar el jugo de limón por hora.

Para calcular el área lo hacemos a partir de la ecuación $q = U A (MLDT)$ de la que despejamos A y la ecuación nos queda.

$$A = q / U (MLDT)$$

De donde

$$(MLDT) = (\Delta T_A - \Delta T_B) / (\ln (\Delta T_A / \Delta T_B))$$

$$= (90 - 80) / (\ln) 90 / 80)$$

$$(MLDT) = 84.90 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$(MLDT) = 152.82 \text{ } ^\circ\text{F}$$

U se obtiene de tablas de coeficientes totales de transferencia de temperatura la que nos da para vapor de agua a agua en cálculos instantáneos es:

$$U = 400 \text{ a } 600 \text{ (Btu / Hr-pie } ^\circ\text{F)}$$

Habiendo obtenido MLDT y U podemos calcular A :

$$A = q / U (MLDT)$$

$$= (1\,224\,453.3 \text{ Btu/hr.}) (400 \text{ Btu/hr-pie}^2\text{-F}) (152.82 \text{ F})$$

$$A = 20.03 \text{ pies}^2$$

$$A = 1.86 \text{ m}^2$$

MLDT = Medio logarítmico de diferencial de temperatura

Si utilizamos un tubo con D.I. lo que es igual a 0.0254 m. y se tiene:

$$A = \pi D L$$

De donde despejamos y tenemos:

$$L = A / (\pi D)$$

$$L = (1.861 \text{ m}) / (\pi 0.0254 \text{ m})$$

$$L = 23.32 \text{ m}$$

Si utilizamos tubos de 2 metros de largo, serán necesarios 12 tramos

Si dejamos un margen de seguridad de un 100 por ciento y un margen de utilización de otro 100 por ciento para cuando se quiera aumentar la velocidad de destilado, - tendremos que los anteriores resultados ahora serán:

$$A = 5.46 \text{ m}^2$$

$$L = 69.96 \text{ m}$$

Num. de tubos de 2 m. de largo serán 35

Para evaporar la cantidad de jugo anterior, tendremos - que introducir las siguientes cantidades de vapor a partir de la siguiente ecuación:

$$\dot{m}_v (h_{vs} - h_{ve}) = \dot{m}_j (h_{js} - h_{je})$$

$$\dot{m}_v (\Delta h_v) = \dot{m}_j (\Delta h_j)$$

$$\dot{m}_v = \dot{m}_j (\Delta h_j) / (\Delta h_v)$$

$$\dot{m}_v = (4000 \text{ Kg}) (2583.1 \text{ Kj/Kg.}) / (2426 \text{ Kg/Kg}) \quad (8 \text{ hrs.})$$

$$\dot{m}_v = 709.83 \text{ Kg/hr.}$$

4.4. CONDENSADOR.

4.4.1. DATOS PARA EL DISEÑO DEL CONDENSADOR.

El destilado irá dentro de los tubos, y el agua de enfriamiento por la parte exterior de estos.

Se condensará como máximo el 80% del volumen total del jugo introducido en el alambique, por lo que tendremos lo siguiente:

Volumén del jugo a destilar, 400 Kg/hr.

El C_p del jugo se considerará igual al de el agua- debido a que es insignificante el contenido de aceite en comparación con el agua que lo contiene.

TEMPERATURAS DEL JUGO DESTILADO:

$T_{je} = 110^{\circ}\text{C} = 230^{\circ}\text{F} =$ (Temp. del jugo destilado a la entrada del condensador)

$T_{js} = 65^{\circ}\text{C} = 149^{\circ}\text{F} =$ (Temp. a la salida del vapor condensado)

$$\Delta T_j = 45 \text{ } ^\circ\text{C} = 81 \text{ } ^\circ\text{F} = (\text{decremento de la temp.})$$

NOTA: Considero que se pierde alrededor de $10 \text{ } ^\circ\text{C}$ en la trayectoria del alambique al condensador, incluyendo la caída de presión, sin embargo no la consideraré en el cálculo, por lo que quedará como margen de seguridad en estos.

TEMPERATURAS DEL AGUA DE ENFRIAMIENTO:

$$T_{as} = 60 \text{ } ^\circ\text{C} = 140 \text{ } ^\circ\text{F} \text{ (temp. de salida)}$$

$$T_{ae} = 25 \text{ } ^\circ\text{C} = 77 \text{ } ^\circ\text{F} \text{ (temp. de entrada)}$$

$$\Delta T_a = 35 \text{ } ^\circ\text{C} = 63 \text{ } ^\circ\text{F} \text{ (decremento de la temp.)}$$

$$\Delta T_A = 50 \text{ } ^\circ\text{C} = 90 \text{ } ^\circ\text{F}$$

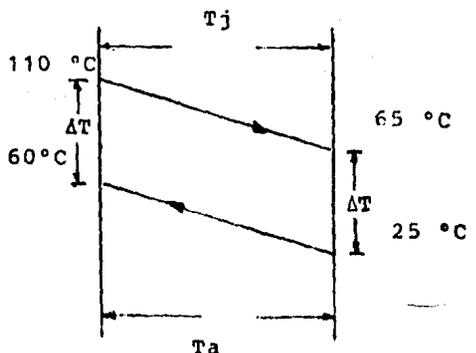
$$\Delta T_B = 40 \text{ } ^\circ\text{C} = 72 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$m = ?$$

$$A = ?$$

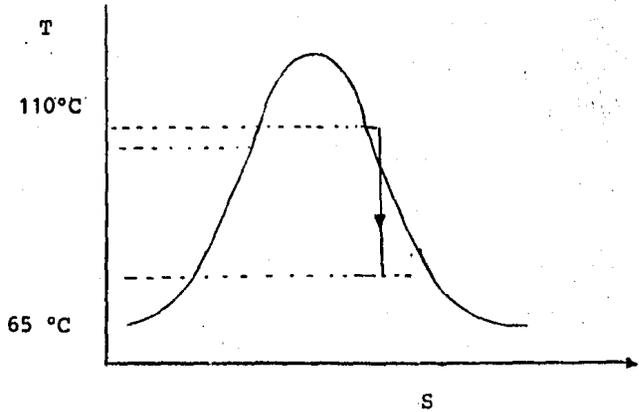
$$\phi = 1 \text{ pulg. de diametro de los tubos}$$

$$L = ?$$



GRAFICA DEL FLUJO EN CONTRACORRIENTES

4.4.2. CALCULO DEL CONDENSADOR



GRAFICA (T S) DEL JUGO DE LIMON (99.4 H₂O)

CONDICIONES A LA ENTRADA

$$T = 110 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$P = 1.43 \text{ bar}$$

$$h_j = 2687 \text{ K /Kg.}$$

Suponiendo que las perdidas son insignificantes, la entalpía del vapor del jugo condensado a la salida sera:

CONDICIONES A LA SALIDA:

$$T = 65 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$P = 1.013 \text{ bar. (presión atmosférica)}$$

$$h_{j_2} = C_p T$$

$$h_{j_2} = (4.187 \text{ Kj/Kg } ^\circ\text{C}) (65 \text{ } ^\circ\text{C})$$

$$h_{j_2} = 272.155 \text{ Kj/Kg.}$$

$$h_j = h_{j_1} - h_{j_2}$$

$$h_j = (2687.7 - 272.155) \text{ Kj/Kg.}$$

$$h_j = 2415.545 \text{ Kj/Kg.}$$

$$q = \dot{m} \Delta h_j$$

$$q = (400 \text{ Kg/hr}) (2415.54 \text{ Kj/Kg})$$

$$q = 966216 \text{ Kj/hr.}$$

$$q = 915 \ 779.52 \text{ Btu/hr}$$

Es la energía transmitida al condensador:

La media logarítmica de diferencial de temperatura es:

$$MLDT = (\Delta T_A - \Delta T_B) / \text{Ln} (\Delta T_A / \Delta T_B)$$

$$MLDT = (50 - 40) / \text{Ln} (50 / 40)$$

$$MLDT = 44.81 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$MLDT = 80.66 \text{ }^\circ\text{F}$$

El área necesaria para el condensador es:

$$Q = A U (MLDT)$$

De donde se despeja A.

$$A = q / (U (MLDT))$$

$$A = (915 \ 779.52 \text{ (Btu/hr.)}) / (400 \text{ Btu/hr pie } ^\circ\text{F}) (80.66^\circ\text{F})$$

$$A = 28.39 \text{ pies}$$

$$A = 2.637 \text{ m}^2$$

Para $\phi = 1$ pulg. de D.E.

$$\phi = 0.0254 \text{ m}$$

$$A = \pi DL$$

De donde

$$L = A. / (\pi D)$$

$$L = (2.637 \text{ m}^2) / (\pi \cdot 0.0254 \text{ m})$$

$$L = 33.04 \text{ m}$$

Si el largo del condensador es de 3 m. se necesitaran
12 tubos

si el largo es de 2 m. serian necesarios 17 tubos

Para calcular el gasto del agua de enfriamiento se hace
a partir de la siguiente Ec.

$$\dot{m} (h_j - h_j) = \dot{m} C_p T$$

De donde

$$\begin{aligned} \dot{m} &= \dot{m} (h_{j_1} - h_{j_2}) / C_p T \\ &= (400 \text{ Kg/hr}) (2687.7 - 272.155) \text{ Kj/Kg} / (4.187 \text{ Kj/Kg } ^\circ\text{C}) \\ &\quad (35 ^\circ\text{C}) \end{aligned}$$

$$\dot{m} = 6593.4 \text{ Kg./hr.}$$

Debido a que $\rho = 1000 \text{ Kg} / \text{m}^3$ tenemos:

$$\dot{m} = 6.5934 \text{ m}^3 / \text{hr.}$$

Para que no haya incrustaciones de lodos ni se desarrollen
lamas se debe utilizar una velocidad mínima de 3 m/seg.

4.5. V A S O F L O R E N T I N O

4.5.1. Datos para el diseño.

MATERIAL DE QUE SE FABRICARE : Acero inoxidable 304

MOTIVO:

No reacciona con el agua ni con el aceite

CAPACIDAD.

Tendrá el volumen para almacenar 1 hr. del destilado , para nuestro caso es un volumen de 400 lts.

Las dimensiones son las mostradas en la fig. num. (4-1)

4.6. Equipo Auxiliar.

4.6.1. TOLVA DE ALMACENAMIENTO.

Esta se construirá con el volumen necesaria para el suministro de fruto a la planta por 3 días de labor. El consumo de la planta por día es de 15 000 (en los - 3 turnos) , por lo que las dimensiones deberá ser para un volumen de 45 000 Kg. de fruto. Por lo anterior los 45 000 Kg. de fruto necesitaremos una tolva con capacidad de 100 m^3 .

4.6.2. MOLINO:

Utilizaremos una prensa de gusano helicoidal con capacidad de 600 a 800 Kg./hr. de fruto , fabricada en bronce , el cual es movida por un motor de 1 Hp. El consumo de fruto será de 5000 Kg. en cada turno (el cual lo consideraremos de 7 Hrs.)

Debido a lo anterior cada molino tendrá una capacidad de molienda por turno de 4200 Kgs de fruto.

Conclusión; por todo lo anterior será necesario instalar 2 prensas.

4.6.3. CALDERA

Esta será comprada de fabrica, por lo cual tenemos que tomar en consideración la potencia necesaria para el funcionamiento del alambique, para el cual encontramos una potencia calorífica de:

$$1\ 291\ 890\ \text{Kj/Kg} = 308\ 547.9\ \text{Kcal/hr} = 36.26\ \text{BHP.}$$

De los manuales de los fabricantes de calderas Cleaver-Brooks encontramos que la más próxima es de 40 BHP., - ésta trabaja a 3 Kg. de presión, del mismo catalogo encontramos que la bomba de potencia mayor más próxima es de 1/2 Hp. con un gasto de agua de 8 GPM. la cual corresponde al modelo F4T.

Se empleará una caldera de tubos de humo (piro tubulares) debido a que necesitamos una presión y temperatura relativamente baja, además de ser ésta más económica que las acuotubulares.

V
CAPITULO

5.- DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN PROTOTIPO PARA LA EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE LIMON, POR EL METODO DE ARRASTRE DE VAPOR.

5.1. ANTECEDENTES.

Se pretende diseñar y fabricar un prototipo del equipo de extracción por el método de arrastre de vapor, éste equipo tendrá 2 finalidades:

- a).- Demostrar el principio operacional del proceso.
- b).- Realizar corridas experimentales, con el propósito de evaluar las condiciones requeridas para obtener mejor calidad del producto, así como también para hacerlo más eficiente.

Por facilidad constructiva y operacional, éste equipo será diseñado y fabricado con una capacidad de 20 lt/turno, en base a lo cual líneas adelante se indicaran las características resultante de cada elemento que lo componen.

- 5.2. ALAMBIQUE: éste será construido con las mismas características y materiales del diseñado en el capítulo IV - las dimensiones se presentan en el dibujo (5-1) , el volumen de éste será de 25.734 lts.
- 5.3. CONDENSADOR: al igual que el anterior se construirá con las mismas características y materiales propuestos en el diseño del capítulo IV , las dimensiones se presentan en el dibujo (5-2), el cual deberá tener una área de enfriamiento de 0.0132 m^2 como mínimo.
- 5.4. VASO FLORENTINO: para éste también se tomará en cuenta las mismas características y materiales que se propusieron en el capítulo IV , las dimensiones se presentan en el dibujo (5-3) , el cual tiene una capacidad para 1 hr. de condensado (vol.=2 lts.).
- 5.5. CALDERA: debido a que en el diseño del capítulo IV se consideró como una compra a un fabricante de éstas, a continuación se presentan sus características y sus cálculos.

C A L D E R A

En los cálculos realizados obtuvimos una potencia de 40 BHP. por lo que el prototipo será:

$$40 / 200 = 0.2 \text{ BHP.}$$

Si tenemos que para transmitir 1 BHP, necesitamos una área de 0.93 m^2 ó sea 10 pies^2 .

La caldera será tres pasos y en contra corriente.

Por lo que el área de transmisión que necesitamos para nuestra caldera será:

$$A = (0.2)(0.93)$$

$$A = 0.186 \text{ m}^2$$

Por experiencia los diseñadores dan hasta 3 veces la capacidad calculada, esto se hace con el fin de poder aumentar la velocidad de destilación, tener la capacidad requerida, así mismo se tiene en cuenta las incrustaciones. Para nuestro caso se recomienda dejar como margen el área de sobre calentamiento, las tapas laterales en contacto con los gases y el aumento en el paso 2 y 3 en un 100 % del área de calefacción, a la vez que se utilizará tubo de cobre en vez que sea de acero.

Debido a que la caldera será de 3 pasos, tenemos que el área para cada paso es:

$$A_1 = 0.062 \text{ m}^2 \quad (\text{área de cada paso})$$

Para el tubo del primer paso utilizaremos un diámetro de 2 pulg. = 0.0508 m, de la siguiente ec. -

tenemos:

$$A = DL$$

De donde

$$L = A / D$$

$$L = (0.062 \text{ m}^2) / ((0.0508 \text{ m})(3.1416))$$

$$L = 0.389 \text{ m}$$

El área de la sección transversal de ésta será:

$$a_1 = D^2 / 4$$

$$a_1 = (3.1416)(0.0508)^2 / 4$$

$$a_1 = 0.00203 \text{ m}^2$$

Para el paso 2 se utilizaran tubos de 3/4 de pulg.

$$D = 3 / 4 \text{ de pulg.}$$

$$D = 0.01905 \text{ m}$$

Si el área de $A_1 = A_2$ de lo que tendremos:

$$A_2 = 0.062 \text{ m}^2$$

Al igual que para L del paso 1 tenemos:

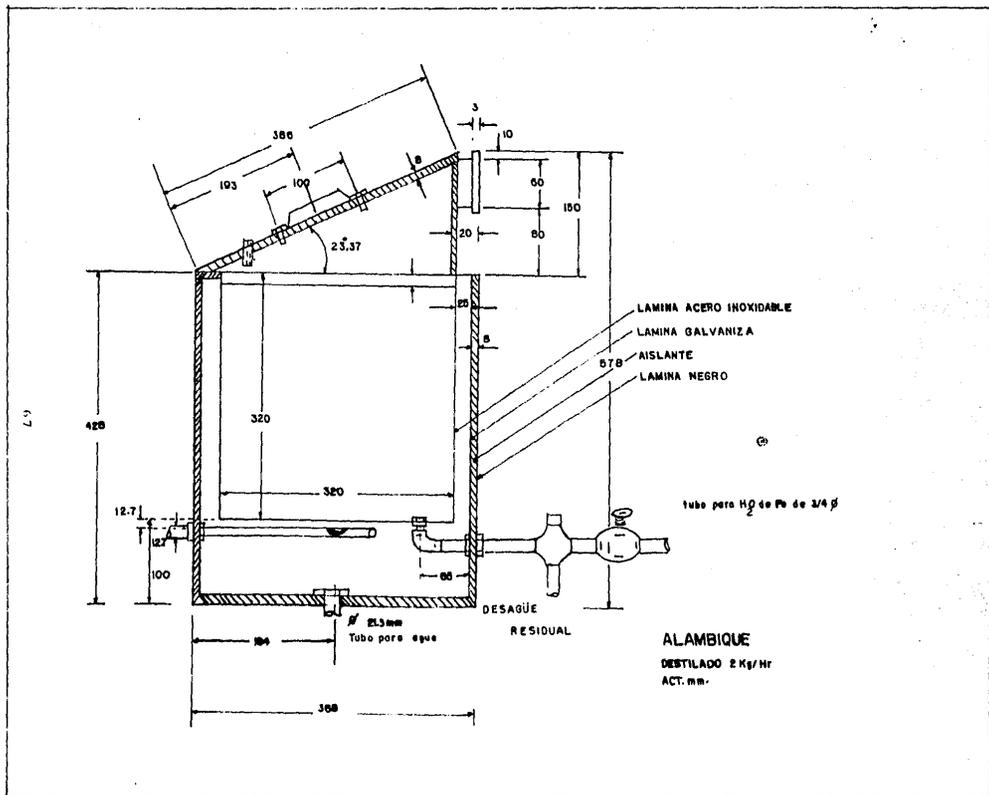
$$L = (0.062 \text{ m}^2) / ((0.01905 \text{ m})(3.1416))$$

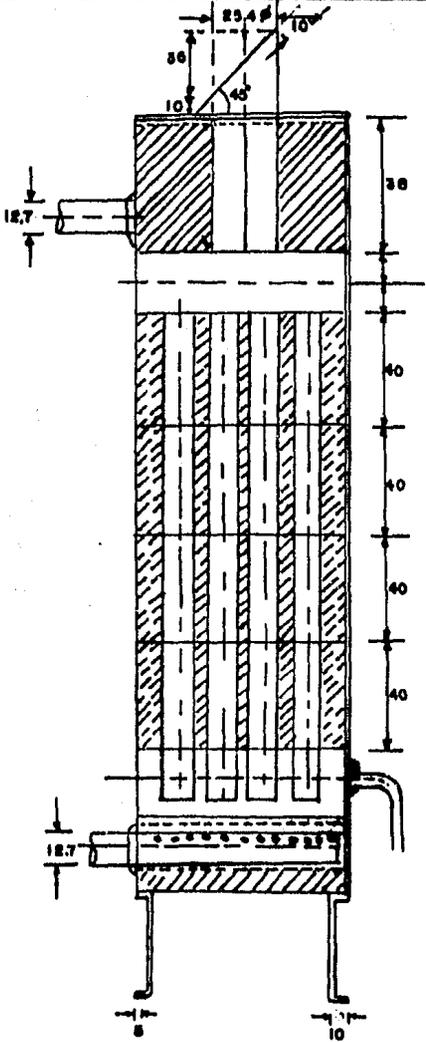
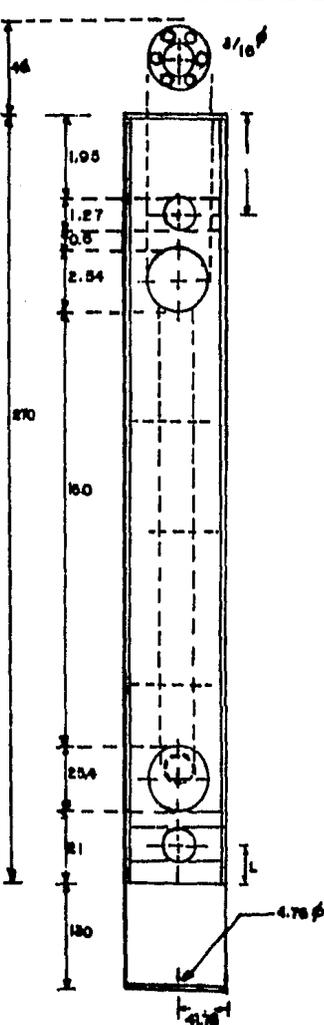
$$L = 1.036 \text{ m.}$$

La anterior es la longitud total, para limitarnos a la longitud calculada anteriormente que es de 0.4 m. por lo que se necesitan 3 tubos, y por lo propuesto anteriormente de aumentar en un 100 % - el paso 2 , en éste utilizaremos 6 tubos.

Para el tercer paso se utilizará el mismo diámetro de tubo del paso 2 , por lo que se necesitará mínimo la misma cantidad del paso 2, como queremos que el área de la sección transversal sea mayor que el del paso 2, para que los gases fluyan con mayor facilidad debido a la baja de presión, utilizaremos un tubo más.

Para una visión más clara de la caldera se presenta el dibujo (5-4)

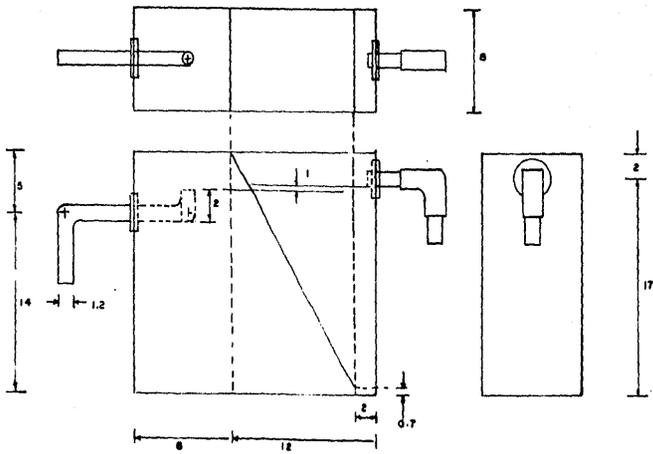




CONDENSADOR
 DEL JUEGO DESTILADO
 Act. mm.

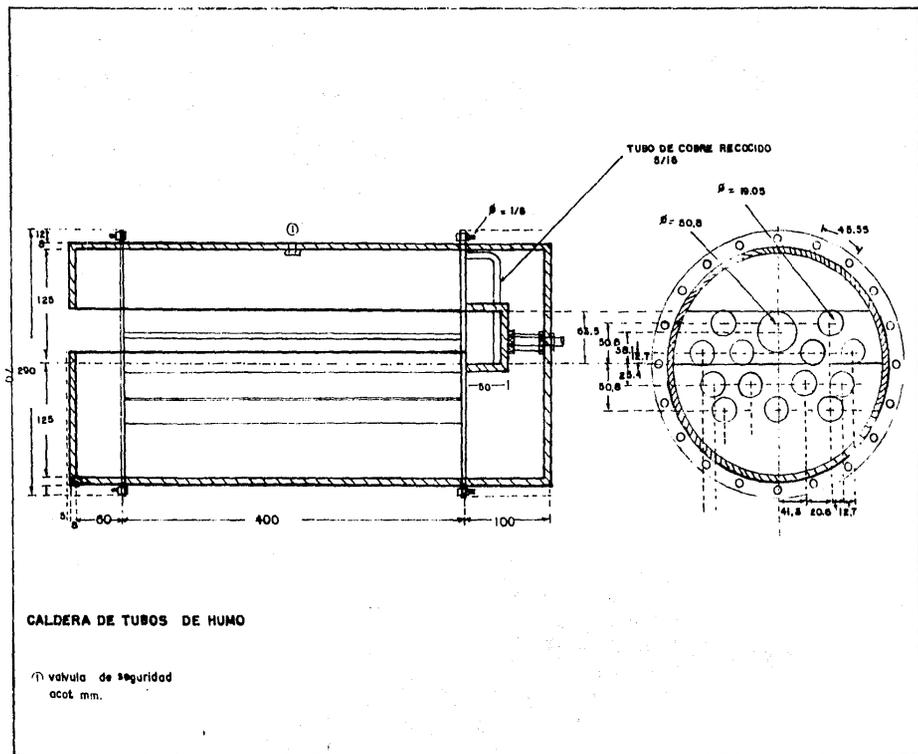


69



VASO FLORENTINO PROTOTIPO

Esc. 1:3
Acet. MM.
2 1/2.



VI
CAPITULO

6.- CONCLUSIONES.

En nuestras investigaciones nos encontramos con lo siguiente:

1.- La industria del aceite de limón que hace algunos años fué floreciente y redituable, debido a que México era el mayor exportador de éste producto en el mundo, a partir de 1984 se encuentra inmersa en una profunda crisis, resultado ésta de que no se vende la mayor parte del aceite producido, además de que han bajado los precios en el mercado, esto se ha complicado con el aumento en la mano de obra del recolectado del fruto, lo cual ha dado como resultado el que actualmente no sea redituable el procesamiento del limón por destilado; una de las salidas que aun parecieran existir sería procesar el limón para obtener aceite centrifugado, lo cual implicaría un gran desembolso económico (por el alto costo del equipo requerido), aunque comparativamente como se muestra en la tabla (6-1) sería redituable, siempre y cuando los costos indicados no variaran apreciablemente, ésta por tanto sería la solución perfecta, pero por experiencia sabemos que al aumentar la

producción del aceite centrifugado y por tanto su oferta , tenderia entonces a bajar el precio, por lo que en conclusión propongo como solución los siguientes puntos.

a.- No se instale una planta más de aceite destilado.

b.- De los huertos existentes de limón , una tercera parte de estos se injerte de lima, para extraer su aceite esencial (ya que en México no se extrae de este fruto habiendo mercado dentro y fuera del país)

c.- De hoy en adelante todo el nuevo equipo que se instale sea para extraer el aceite sin contaminarlo por tanto se debe extraer por procesos mecánicos con máquinas que se pueden diseñar en base a las necesidades particulares, actualmente existen las siguientes máquinas (que nos podrían servir de apoyo)

" IFAC - SCHWOB "

" ESTILETE I "

" FMC IN LINE " (esta posibilidad sería congruente con el inciso (b) ya que se aplica exclusivamente para la naranja)

d.- Del fruto no solo se aproveche el aceite, sino que se le de una aplicación completa como se muestra en el cuadro esquemático núm. (6-2)

" TABLA COMPARATIVA DE UTILIDADES "

	PRECIO EN		PRECIO DE		COSTOS FIJOS	UTILIDAD	PERIODO DE CONSERV.
	<u>DOL.</u> Lb	<u>PESOS</u> Lb	VENTA pesos	COMPRA / Kg.			
DESTILADO	5.00	350000	3800	2400	20-2400	-1.42 a -6.58	2 años
CENTRIFUGADO	A 17.50	1225000 prensado	13500	2400	20-2400	95.00 a 87.00	2 años
	B 17.50	1225000	13500	2400	20-2400	95.00 a 87.00	2 años
Edo. Natural			12000 *	2400	20-2400	80.00 a 72.00	3 meses

tabla (6-1)

CONSIDERACIONES:

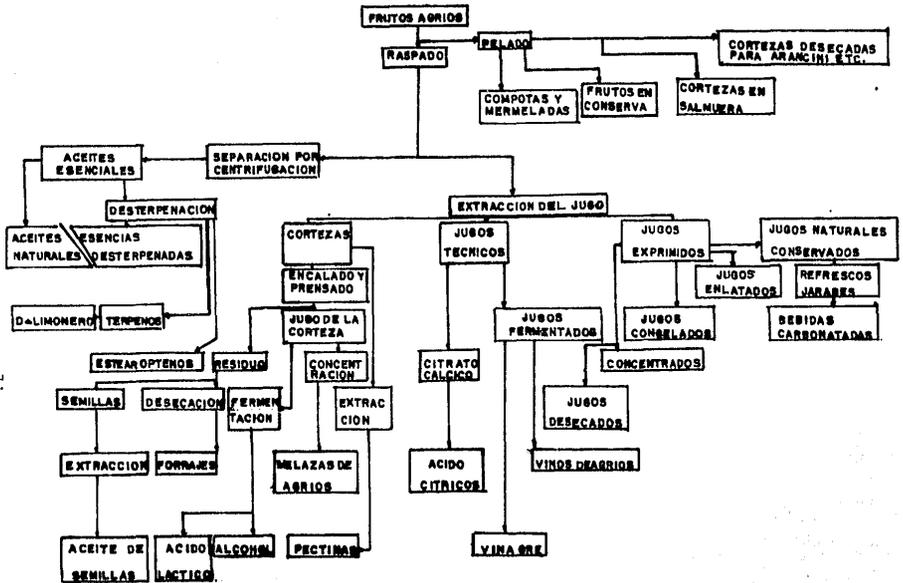
Se tomó a 700 pesos por dolar.

El precio de compra venta varia dependiendo de la época del año.

Se requiere de un promedio de 90.72 Kg. de fruta para obtener una libra de aceite.

El procesamiento del limón solo se efectúa en el periodo en que hay exeso de éste; por ejemplo, para que éste año sea procesada una caja de fruto no deberá costar más de 600 pesos (24 por Kg), tampoco podrá valer menos de 300 pesos debido a que son sus costos fijos.

CUADRO ESQUEMATICO DE LA UTILIZACION COMPLETA DE LOS FRUTOS AGRIOS



cuadro esquemático (6-2)

APENDICE A

EFICIENCIA DEL METODO DE EXTRACCION DEL ACEITE:

Para poder determinar la eficiencia es necesario primero, obtener el máximo contenido de aceite de limón, para tener este como referencia, escogiendo además una parte representativa del lote a determinar, y el medio utilizado es el de destilar los limones, previamente remojados y picados, finalmente, las cáscaras molidas se destilan en el equipo de la siguiente figura (A-1)

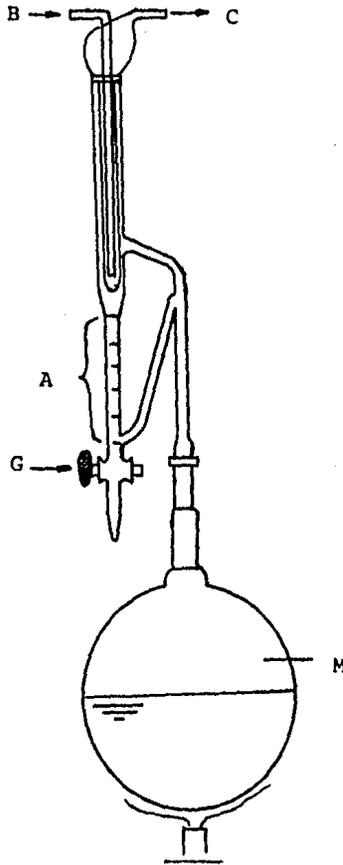


fig. (A-1)

Procedimiento.-Se pone agua en la parte graduada (A), se conecta el condensador a el fluido del agua fría entrando ésta por (B) y saliendo por (C); para que al chocar con las paredes frias el vapor se condense, y a la vez que el agua caliente por diferencia de densidades suba y sea extraída por (C) , se aplica calor al matraz (M) con lo cual se inicia la destilación, ésta se debe mantener una hora a un ritmo de más ó menos 50 gotas por minuto. Esto se regula con el calor aplicado al matraz.

Concluido éste lapso se deja enfriar todo el sistema y finalmente por medio de la válvula (G) se drena el agua hasta que solo quede el aceite en la parte graduada para leer directamente el nivel del aceite, y esto es la cantidad destilada "X" , ésta la dividimos entre la cantidad de fruta destilada " N " y obtendremos el denominador de la eficiencia η , y el numerador de ésta será la cantidad de aceite "x" obtenida por determinado método entre la cantidad de fruta utilizada para obtenerlo "n" .

$$\eta = (x/n) / (X/N)$$

APENDICE B

"APLICACION DE LOS ACEITES ESENCIALES DE LIMON"

DESTILADO: Se utiliza en productos alimenticios industrializados como son:

Aguardientes *(pag. 294 b), refrescos (sabor limón, cola. lima-limón), vinos *(pag. 595), pomada para los labios, elaboración de galletas, dulces, gelatinas, helados y repostería.

Nota. Este aceite tiene olor y sabor diferente al que existe en estado natural en la cáscara, pero debido a éste fue el primero en utilizarse industrialmente por ser el más barato, el público se ha acostumbrado a éste sabor característico identificado como sabor limón.

CENTRIFUGADO TIPO A (prensado): Este aceite es de menor calidad en cuanto a olor, sabor y características químicas al centrifugado tipo B, pero de mayor calidad que el destilado y también difiere con respecto al B en cuanto a olor, sabor, características químicas y sus aplicaciones son similares; se utiliza en la fabricación de aguardientes, vinos, pomadas, elaboración de galletas, dulces, gelatinas, helados y repostería.

*El Recetario Industrial Aut. Hiscox Hopkins Ed. Gustavo Gili

CEN TRIFUGADO TIPO "B" (raspado)

Debido a que éste es extraído sin ser contaminado con el jugo mantiene su olor y características químicas sin alteraciones considerables al de su estado natural, por lo que sus aplicaciones son: perfumeria (lociones, cosméticos, colonias, desodorantes), en la industria jabonera, farmacéutica, etc.

APENDICE C

PRODUCCION NACIONAL DE FRUTO Y ACEITE,

Está dividida en 2 sectores.

- 1.- El sector privado; está agrupado en un organismo - de nombre UNPAL (Unión Nacional de Productores de Aceite de Limón) él cual debido a los problemas - que enfrenta la venta del aceite, mantiene un gran hermetismo en sus operaciones ,tanto de operación como de venta, por tal motivo no pudimos obtener ninguna información.

- 2.- El sector paraestatal; está formado por el gobierno y controlado por el BANRURAL (Banco de credito rural) y CONAFRUT (Comisión Nacional de Fruticultura) los cuales reciben la información del programa anual de producción tanto del de empaque como del procesado, asi como periodicamente los avances de estos como se muestra en la tabla num. (C-1)

SECTOR SOCIAL

PROGRAMA DE ACOPIO Y PRODUCCIÓN DE LAS INDUSTRIAS PROCESADORAS
DE LIMON Y AVANCE AL 31 DE AGOSTO DE 1985

CONCEPTO	APATZINGAN(2)	LLERA(1)	TECOMAN(2)	GUERRERO(2)	OAXACA(2)
FRUTA A RECIBIR(TON.)					
PROGRAMA	14,876	4,500	45,293	6,848	5,082
REAL	1,113	5,209	25,677	2,589	3,857
FRUTA P/EMPAQUE(TON.)					
PROGRAMA	9,876	1,000	12,300	2,560	3,857
REAL	187	190	9,230	1,003	1,082
FRUTA P/INDUSTRIA(TON)					
PROGRAMA	5,000	3,500	32,993	4,268	2,802
REAL	926	5,018	16,447	1,586	2,775
PROD. ACEITE DEST.(TAMB.)					
PROGRAMA	122	46	250	120	70
REAL	17	60	145	30	60
PROD. ACEITE CENT.(TAMB.)					
PROGRAMA	0	32	333	18	0
REAL	5	58	133	10	0
PROD. DE JUGO CONC.(TAMB.)					
PROGRAMA	1,067	400	4,614	0	0
REAL	60	215	2,399	0	0
PROD. CASC. DESH.(TON.)					
PROGRAMA	265	182	1,868	235	0
REAL	61	342	894	125	0
PROD. CASC. FRESCA(TON)		0	467	0	535
POLVILLO (TON)					
PROGRAMA	4.8				
REAL	1.1				

(1) AL 5 DE OCTUBRE

TABLA (C-1)

(2) AL 31 DE AGOSTO

LOS DATOS ANOTADOS CORRESPONDEN A LO PROGRAMADO Y REALIZADO HASTA EL 31 DE AGOSTO DE 1985. LA EMPRESA TENIA PROGRAMADO RECIBIR DURANTE TODO EL - PARA LA INDUSTRIA 5000 TONS. Y PARA EL EMPAQUE 14,500 TONS.

B I B L I O G R A F I A

- 1.- El cultivo de los agrinos.
Autor; Eusebio Gonzalez Cisilia (Ing Agronomo).
Edit. Bello - Valencia España.
- 2.- Fruticultura Práctica.
Autor; Pedro Porcallas S.
Edit. Diana
- 3.- El aceite esencial de limón mexicano.
Haro Guzmán Luis (Tesis prof.)
U.N.A.M. México.
- 4.- Tipos de aceite producido en México (destilado y
centrifugado; distribución y venta)
Autor: U.N.P.A.L.
- 5.- Manual del Ingeniero Químico
Autor: Perri J.H.
Edit.
- 6.- Recetario Industrial.
Autor; Hiscox - Hopkins .
Edit. Gustavo Gili S.A.
- 7.- Mark's Manual del Ingeniero Mecánico.
Autor; varios
Edit. McGraw - Hill.

- 8.- Procesos de Transferencia de Calor.
Autor; Donald Q. Kern
Edit. CECSA
- 9.- Principios de Transferencia de Calor.
Autor; Frank Kreith .
Edit. Herreros Hermanos, Sucesores, S.A.
- 10.- Termodinámica .
Autor; William C. Reynolds
Edit. McGraw - Hill
- 11.- La Producción de Energía mediante el Vapor de
Agua el Aire y los Gases.
Autor; W. H. Severns M. S.
Edit. Reverte.
- 12.- Flow of Fluids, Through Valves, Fittings, and Pipe
Edit. Crane Co.