



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

Anteproyecto de una Planta Piloto para la  
Elaboración de un Substituto de la Cera de  
Japón a Partir de la Cera de Candelilla

TESIS PROFESIONAL

HELIODORO BARRIGA HERRERA

México, D. F.

1967



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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 esta 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.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE QUIMICA

Anteproyecto de una Planta Piloto para la  
Elaboración de un Substituto de la Cera de  
Japón a Partir de la Cera de Candelilla

HELIODORO BARRIGA HERRERA

INGENIERO QUIMICO

1967

PRESIDENTE Prof. ENRIQUE VILLARREAL DOMINGUEZ

VOCAL Prof. JULIO TERAN ZAVALETA

SECRETARIO Prof. FERNANDO ITURBE HERMAN

1er. SUPLENTE Prof. ENRIQUE PUENTES CAZARES

2do. SUPLENTE Prof. JORGE OSOZCO M.

JURADO ASIGNADO ORIGINALMENTE

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA: EAGLE PENCIL COMPANY DE MEXICO, S.A. DE C.V. ....

NOMBRE COMPLETO Y FIRMA DEL SUSYENTANTE: MELICORO BARRIGA HERRERA .....

NOMBRE COMPLETO Y FIRMA DEL ASESOR DEL TEMA: Prof. JULIO TERAN ZAVALETA .....

NOMBRE COMPLETO Y FIRMA DEL SUPERVISOR TECNICO: .....

( si lo hay )

HAGO CONSTAR LA DEDICACION DE  
ESTA TESIS, CON MUCHO CARIÑO Y  
RESPECTO :

A MI PADRE  
SR. HELIODORO BARRIGA L.

CON PROFUNDO AGRADECIMIENTO :

AL PROP. JULIO TERAN ZAVALETA.

A MIS HERMANOS.

A MARIA DE JESUS

## I N D I C E

	Pág.
Introducción .....	-
CAPITULO I	
Generalidades .....	1
CAPITULO II	
Experimentación .....	13
CAPITULO III	
Descripción del Proceso .....	23
CAPITULO IV	
Diseño del Equipo y Cálculo del Vapor Necesario .....	25
CAPITULO V	
Estudio Económico .....	35
CAPITULO VI	
Resúmen .....	39
Bibliografía .....	41



## I N T R O D U C C I O N

El gran incremento que ha tenido en nuestro país el uso de la "Cera de Japón", ha motivado la elaboración de un - sustituto a partir de materia prima nacional, existente en el mercado y de bajo costo, debido a que dicha cera, tiene en la actualidad, una cotización elevada; siendo necesaria, sin embargo, su aplicación industrial por las características específicas que presenta.

La finalidad principal de la elaboración de dicho susti- tuto, fué su uso para fabricar mina de alta calidad en la in- dustria lapicera y, más aún, substituir la "Cera de Japón" en todas sus demás aplicaciones, como son: materia prima para otras ceras, como ingrediente en la manufactura de jabones es- peciales, en la industria textil, etc.

En el desarrollo de este nuevo producto, se empleó como materia prima base, la cera de candelilla y, como componentes secundarios, aceites capaces de modificar su estructura fisi- coquímica.

CAPITULO I

## GENERALIDADES .

### Historia.

Las ceras naturales, son sustancias que se conocen hace mucho tiempo, sus primeras aplicaciones, fueron en la fabricación de velas, en impermeabilizantes, como lacre, en objetos decorativos, etc.

Bastante más tarde, alrededor de la década pasada, se llevó a cabo el desarrollo de las ceras sintéticas, cuyo propósito fué suplir a las ceras naturales.

La cera que primeramente se conoció, fué la cera de abejas, después la ozocerita y posteriormente todas las demás.

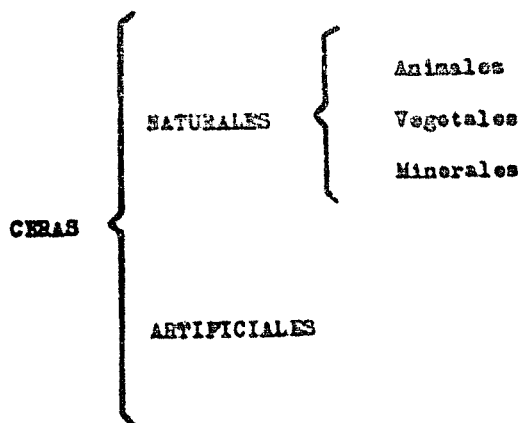
### Definición y clasificación de las ceras.

El nombre de cera, es un término genérico de definición imprecisa, el cual se usa sin embargo en química al describir los lípidos formados por la esterificación de un ácido graso superior ( de 16 a 36 átomos de carbono ) con un alcohol alifático de igual número de carbonos, o con un alcohol completo de la serie de las estearinas.

A las ceras se les puede describir de la siguiente manera:

Son un grupo específico de compuestos orgánicos y termoplásticos, opacos o translúcidos; su punto de fusión, oscila entre 50°C y 90°C, cuando se funden, son líquidos de viscosidad relativamente baja. Forman pastas o geles con los solventes orgánicos no polares, e imparten propiedades impermeabilizantes y de brillo a las superficies en que se aplican.

Industriamente las ceras pueden ser clasificadas - conforme a su origen o procedencia.



**CERAS ANIMALES.**- Como su nombre lo indica, son compuestos provenientes del reino animal; como ejemplo de ellas, tenemos la espermacetti, que se obtiene a partir de la esperma de ballena mediante un refinamiento adecuado; la cera de abejas, a diferencia de la anterior, no es extraída, sino más bien elaborada en el reino animal, por lo que puede considerarse dentro de un sub-índice de estas ceras, recibiendo el nombre de ceras de insectos.

**CERAS VEGETALES.**- En general las ceras vegetales, son producto de la exudación de ciertas plantas abundantemente repartidas

en la naturaleza, y explotadas en determinadas épocas del año.

Las ceras naturales vegetales, son solubles en la mayoría de los solventes orgánicos conocidos.

Entre las ceras vegetales, podemos citar entre otras, la cera de carnauba, producida en el Brasil en forma de un polvo fino, sobre las hojas de ciertas palmas tropicales; la cera de castellita, producida en nuestro país en las regiones desérticas del norte, la cera de Japón, etc.

**CERAS MINERALES.** - Se consideran ceras minerales, aquellas de origen terroso que son extraídas por medio de refinamiento, como son los ácidos cetílicos terrosos. Dichas ceras minerales, se extraen también del petróleo, carbonos bituminosos, etc., y están constituidas por hidrocarburos no saturados e hidrocarburos parcialmente saturados. El punto de fusión de estas ceras está en relación con sus pesos moleculares, separandolas de cualquier contaminación que puedan contener. Dentro de este grupo, podemos citar, la parafina, la ocoquerita, etc.

**CERAS ARTIFICIALES O SINTÉTICAS.** - Se consideran todas las elaboradas en la industria y que no están comprendidas dentro de los grupos ya especificados.

Como ejemplo de ceras sintéticas, tenemos:

a).- Alcoholes grasos, como el alcohol cetílico, el cual se obtiene por hidrólisis del aceite de esperma de ballena o por reducción del ácido palmítico.

b).- Ácidos grasos, como el ácido esteárico, el cual está constituido por una mezcla de ácidos grasos en la que predomina el ácido esteárico.

## C E R A D E J A P O N .

### GENERALIDADES.

La cera de Japón, se obtiene de los granos de ciertos árboles de Japón y la China, llamados zumaque.

Los granos son primeramente añejados o envejecidos, posteriormente son machacados y, después de eliminar las cascaras, son nuevamente machados mediante un prensado en caliente para obtener un crudo muy denso. Esto es refinado por fusión en agua caliente, a continuación es despumado y blanqueado a la luz solar.

Debido al precio elevado que tiene esta cera en el mercado, es frecuentemente adulterada con cantidades variables de aceites vegetales.

La cera de Japón no es dura, es más bien flexible, maleable y viscosa, tiene un olor a sebo y se oxida al contacto del aire, eflorece y oscurece con el paso del tiempo; es frágil y la superficie quebrada presenta una opacidad.

Químicamente, la cera de Japón es una grasa (glicerida) y está compuesta de palmitina, ácido palmítico y otros ácidos grasos de alto peso molecular y sus glicéridos.

Contiene de 5.2 a 6.3 % de ácidos dibásicos, en los cuales predominan los ácidos cuya fórmula es:  $C_{23}H_{44}O_4$ . Estos ácidos dibásicos, son producto probablemente de la mezcla de glicéridos con ácido oleico.

Es fácilmente saponificable en presencia de los álcalis, provocando una emulsión.

Cuando la cera de Japón se funde y se vuelve a solidificar, su gravedad específica y punto de fusión, bajan. Pasado el tiempo sin embargo, estas constantes vuelven a sus valores normales.

La cera de Japón es soluble en: alcohol propílico, - bisulfuro de carbono, cloroformo, éter de petróleo, benzol, - éter, tolueno, tetracloruro de carbono, éter isopropílico, nafta, piridina, tetralina, tricloro-etileno, etc.

Usos.- Como materia prima para otras ceras, sustituto de cera de abeja, ingrediente en la manufactura de jabones especiales, en la industria textil, como lubricante, en cremas faciales, en la fabricación de puntillas para lápices de alta calidad, para pulir superficies, etc.

T A B L A I

ESPECIFICACIONES FISICO-QUIMICAS DE LA CERA DE JAPON

Punto de Fusión-----	48-53 °C
Gravedad Específica -----	.975-.992
Indice de acidez -----	18-20
Indice de saponificación -----	217-230
Indice de Yodo -----	4-15
Indice de acetilo -----	27-31.2
Nº de Sehmer -----	89-91
Nº de Reichert Meissl -----	1-3
Cenizas -----	0.02-0.08 %
Indice de refracción -----	1.450
Constante dieléctrica -----	3.1-3.2
Conductividad -----	33-34

---

Como se mencionó, debido al costo tan elevado de esta cera, se pensó en desarrollar un sustituto, cuya materia prima principal, fuese la cera de candelilla, producto nacional de bajo costo, cuyas propiedades mencionamos e continuación

GENERALIDADES.

La cera de candelilla, producida por la planta conocida como " candelilla ", cuyo nombre científico es : " Euphorbia Corifera ", es una planta vivaz, de un metro y medio de al



tura, compuesta de una capa leñosa oculta en el suelo, de donde salen multitud de tallos como de medio cm. de diámetro, leñosos y cilíndricos.

El color blanquizco de los tallos, se debe a una capa de cera que los cubre, aunque también existe ésta debajo de la epidermis.

Esta yerba se desarrolla en las condiciones más desfavorables de clima, pues las zonas en que crece con mayor fertilidad son las desérticas calientes de tipo sahariano y estepario.

El tipo de reproducción de la cera de candelilla, es del llamado espontáneo, por lo cual su cultivo resulta muy dificil, dado lo laborioso que es la recolección de la semilla, debido a la poca cantidad que produce cada planta.

Estudios que se han hecho, aseguran un rendimiento bajo para la candelilla que se ha cultivado, en relación con la que se ha desarrollado salvajemente.

Esta planta se caracteriza por su gran resistencia a la sequía, y se reproduce fácilmente en suelos arcillosos.

Las principales zonas productoras de cera de candelilla, se encuentran en la región semidesértica de los estados del norte de la República, como son: Sonora, Coahuila, Durango, Chihuahua, Zacatecas y Nuevo León.

#### MÉTODOS DE OBTENCIÓN.

Existen varios métodos para la extracción de esta cera. Algunos se han deshechado por inadecuados, debido a que usan

equipo pesado o por lo lento de la extracción. Otros son poco conocidos y posiblemente se apliquen en un futuro no muy lejano, debido a que extraen la cera sin arrastre de resina, que es la principal impureza; los tallos leñosos que quedan como residuo, se pueden utilizar por la gran cantidad de celulosa que contienen.

En la actualidad, se usa un método muy primitivo, ya que requiere el uso de un equipo muy ligero que puede trasladarse rápidamente a los lugares en donde se encuentra la materia prima y suficiente agua para la extracción. Este método, recibe el nombre de extracción a " fuego Directo " .

#### EXTRACCION A FUEGO DIRECTO.

La yerba tiene cubierto el tallo con cera. Los candelilleros arrancan con la mano el haz de la yerba; pues no hay otra manera de despegarla debido a lo pedregoso del terreno.

Esta yerba se deposita en pailas de una capacidad de 250 Kgs. y se le agrega agua hasta cubrirla completamente. La paila se introduce en la tierra, practicando en uno de sus lados una excavación que permita hacer un horno primitivo debajo de la paila. El tiro se hace por uno de los lados más cortos usando como chimenea el cuerpo cilíndrico de un tambor metálico. Como combustible se usa la candelilla procesada y parcialmente agotada o quemando " gobernadora " , que es una planta muy abundante en esta zona y que arde perfectamente con una llama brillante, aún cuando sus hojas estén verdes y frescas, debido a que contis

ne una resina combustible.

Cuando empieza a hervir el agua que está en el tanque con la yerba, se le agrega ácido sulfúrico e inmediatamente se desprende una substancia negra, que flota en la superficie, de donde es recogida con una espumadora y puesta en un recipiente adecuado. Esta espuma es cera que flota debido a su baja densidad.

La cantidad de ácido sulfúrico es variable, regulándose por métodos empíricos, siendo aproximadamente de 1 Lt. por cada carga.

La carga permanece en la paila de 30 a 45 minutos.

La yerba contenida en la paila, es oprimida contra el fondo por medio de una parrilla, con el objeto de que se desprenda la mayor cantidad de "cerote", que es la cera pero con impurezas.

El cerote se funde una vez más, agregando más ácido sulfúrico y dejando sedimentar las impurezas; por medio de un enfriamiento lento ( más o menos cinco horas ), se descarga el tanque y se deja enfriar, obteniéndose así la cera de candela para exportación.

Por este método se obtienen 50 Kgs. de cera cruda de 2,000 Kgs. de yerba tratada, es decir el rendimiento es de 2.5 % en peso.

Con yerba excepcionalmente buena, se llegan a obtener hasta --

80 Kgs. de cera cruda de 2,000 Kgs. de yerba, equivalente a 4 % de rendimiento.

Esta cera para salir al comercio, es refinada y tiene la propiedad de ser quebradiza, lustrosa y de un olor aromático

Diferentes grados y partidas de cera, muestran diferentes viscosidades.

Químicamente, la cera de candelilla está compuesta de una alta proporción de hidrocarburos y resinas con pequeñas cantidades de lactonas.

La cera de candelilla, no es tan dura como la cera de carnauba y no provoca emulsión o saponificación con facilidad.

La cera comercial, a menudo contiene pequeñas cantidades de agua, la cual deberá ser eliminada por calentamiento, antes de ser usada en composiciones no acuosas. Una vez fundida, su solidificación es muy lenta y frecuentemente no adquiere su dureza máxima en pocos días.

Su viscosidad, varía con el grado de refinamiento, diferentes lotes, muestran variaciones notorias en su viscosidad. Las ceras minerales reducen su viscosidad, pero incrementan su dureza a medida que pasa el tiempo.

Es un buen solvente para colorantes básicos. Adiciones de ácido oleico o ácidos similares, disminuyen su cristalización y rápidamente incrementan su blancura y suavidad.

Esta cera, es soluble en : acetona, tetracloruro de -

carbón, cloroferro, trementina, petróleo ( forma un gel en caliente al entrar en solución con esos solventes ), bencol en una proporción de 2:3.

#### USOS Y APLICACIONES DE LA CERA DE CAMELILLA.

Substituto para ceras de carnauba y abejas.

Acabado de pieles.

Adhesivos.

Aislantes eléctricos.

Aprestos para telas

Barnices.

Cosméticos para bandas de transmisión.

Cosméticos faciales.

Cementos.

Celuloide.

Chicles.

Discos fonográficos.

Dulces.

Endurecido de ceras suaves.

Esculturas de cera.

Impermeabilizante de telas.

Impermeabilizante protector de recipientes.

Industria dental.

Lacre para sellos.

Lustre para pieles y maderas.

Pinturas y tintas.

Papel carbón y cintas para máquina.

Plásticos.

Removedor de pinturas.

Velas.

T A B L A I I

ESPECIFICACIONES FISICO-QUIMICAS DE LA  
CERA DE CANDELILLA

Punto de fusión -----	66-72 °C
Gravedad Especifica-----	0.950-0.990
Indice de Acidos-----	13-22.6
Indice de Saponificación -----	47-64
Indice de Yodo -----	19-44
Indice de Refracción -----	1.4550-1.4611
Hidrocarburos -----	30.6-45.6 %
Acidos Grasos -----	20.6-29.0 %
Color -----	café claro
Punto de Inflamación -----	235-248 °C
Impurezas y Materias Volátiles-----	0.59-1.01 %
Rigidez Eléctrica -----	23.500-45.400

CAPITULO II

## EXPERIMENTACION

Como se indicó anteriormente, el objeto principal para elaborar un sustituto de la cera de Japón, fué su empleo en la industria lapicera, partiendo de materia prima de bajo costo. como se explicó también, se tomó como base la ce ra de candelilla.

De la experimentación llevada a cabo con la cera de candelilla, se llegó a la conclusión, que no reúne las características necesarias para lograr completamente el propósito deseado, debido a que tiene un punto de fusión y una dureza más elevadas que la cera de Japón, por lo que hubo necesidad de abatirlos.

La experimentación primaria para la modificación de dichas constantes, consistió en fundir la cera de candelilla con diferentes substancias, como son: aceite de linaza, sebo, ácido oleico, aceite de cártamo, aceite de olivo, parafina, aceite de coco, etc. Encontrándose finalmente una semejanza más aproximada, utilizando una mezcla primaria de parafina blanca y aceite de coco (en una proporción de 50 % de cada uno), debido a sus características físicas.



Esta mezcla primaria se combinó con la cera de can - delilla en diferentes proporciones, determinándose en cada una de ellas el grado de dureza y el punto de fusión; encontrándose la dureza dentro de la gama indicada, pero no así el punto de fusión.

Con todos los resultados obtenidos en la experimentación, se construyeron las siguientes gráficas ( figuras 1 y 2 )

Como se observa en la figura 1, se alcanza una dureza similar a la de la cera de Japón, la cual oscila entre 8 y 10 - ma., pero al se compara con la figura 2, nótese que en el rango de dureza apropiada, el punto de fusión es elevado, conforme a - las propiedades de la cera de Japón, de acuerdo con la Tabla I.

El resultado de determinaciones en el laboratorio, comprobó la razón por la cual no se obtuvo el punto de fusión seme - jante al de la cera de Japón, ya que esta constante en la parafina blanca, oscila entre 53 y 56 °C.

Se continuó la investigación, utilizando únicamente - aceite de coco, ya que éste en relación con la parafina, tiene un punto de fusión bajo, como se demuestra en la Tabla III.

### T A B L A I I I

#### PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS DEL ACEITE DE COCO.

a) .- Constitución Química	
Acidos Saturados -----	91.5 %
Acidos no Saturados -----	8.5 %
b) .- Constantes.	
Indice de Yodo -----	8-10
Indice de Saponificación --	251-264
Punto de Fusión -----	24-28 °C

% mezcla primaria

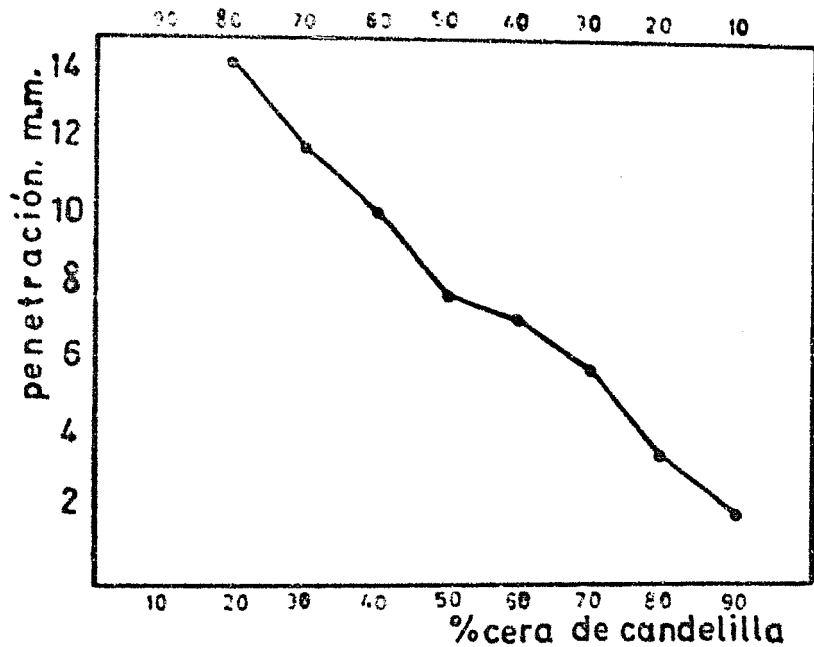


fig-1

% mezcla primaria  
P.f. °C

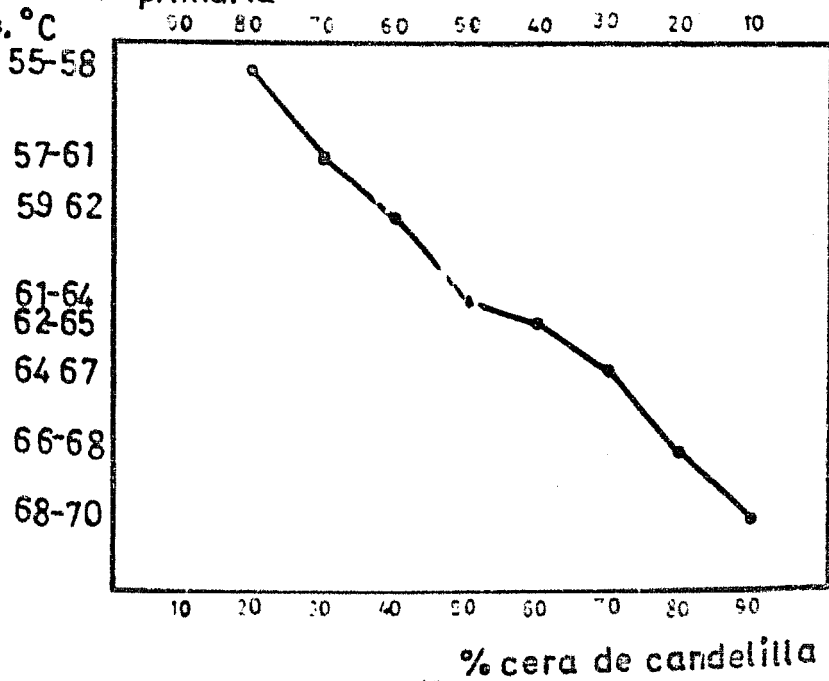


fig-2

Se procedió a una segunda experimentación, tomando como base la mezcla de cera de candelilla y aceite de coco en diversas proporciones, determinando durezas y puntos de fusión.

La dureza se determinó por medio del penetrómetro de Buehler, midiendo la penetración de una carga constante sobre la superficie de la cera, bajo condiciones estándar de tiempo y temperatura.

Los resultados obtenidos, se observan en la figura 3.

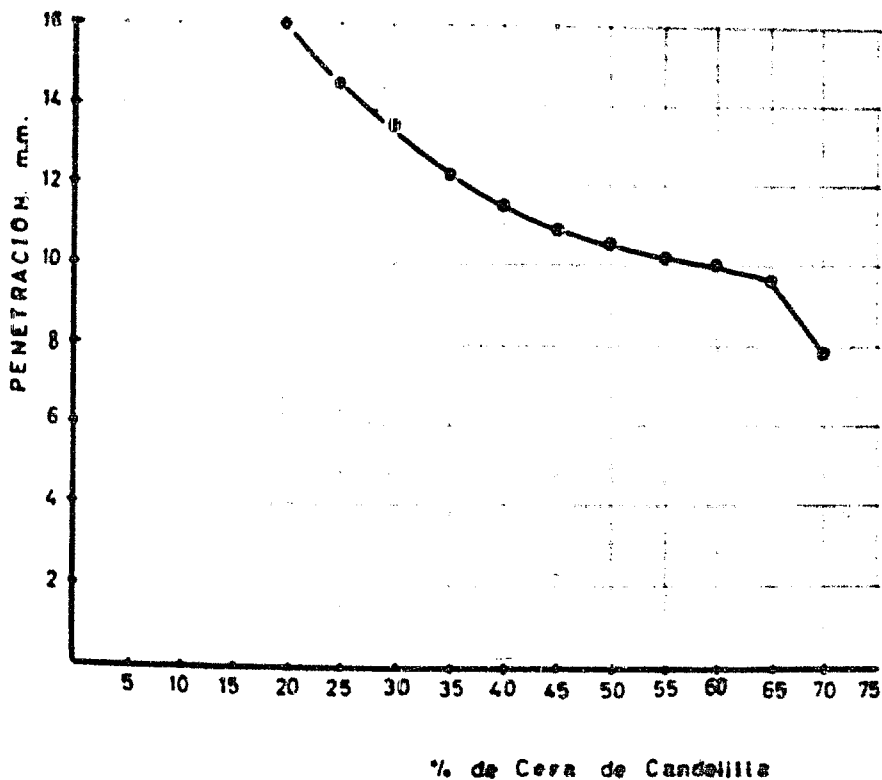


fig-3

En la figura anterior, se observan valores que oscilan dentro del rango de dureza de la cera de Japón, correspondiendo a una mezcla del 65 al 70 % de cera de candelilla.

A cada una de las dos ceras obtenidas con 65 y 70 % de cera de candelilla, se les determinó el punto de fusión, encontrando valores bajo y dentro del límite respectivamente, por lo que se dedujo que una mezcla cuyo porcentaje de cera de candelilla estuviese entre 65 y 70 %, daría el punto de fusión deseado.

Se hicieron varios ensayos hasta obtenerse la cera sustituto, con 68 % de candelilla y 32 % de aceite de coco.

Se le determinó el punto de fusión por el método de capilar, que consiste en un capilar sellado de un extremo, y en cuyo interior fué puesta una muestra de cera, posteriormente se calentó a baño maría, tomando la temperatura a la cual fundió, correspondiendo ésta a su punto de fusión. Obteniéndose un punto de fusión de 44 a 48 °C, correspondiendo éste mismo al de la cera de Japón, como lo muestra la Tabla I.

Habiendo logrado una cera sustituto, cuyas características físicas son las mismas que las de la cera de Japón, se inició la determinación de las constantes químicas que más interesan a los fines para los que fué elaborada.

Las constantes químicas que más interesan, son: Índice de Yodo, Índice de Saponificación e Índice de Acidéz.

Primeramente se procedió a la determinación del índice de yodo, habiéndose obtenido como resultado un valor de 21, - que es alto con relación al de la cera de Japón, como se observa en la Tabla I, lo que indica más dobles ligaduras en la cera

substituto, motivo por el cual hubo de ser necesario agregarle un compuesto capaz de oxidarse en esa insaturación, hasta obtener el valor deseado, por lo que se experimentó con varias sustancias, obteniéndose el valor indicado, mediante la adición de 12 cm<sup>3</sup> de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al 30%, por kilo de cera.

En esta forma se alcanzó un valor de 12.9, como lo muestra la Tabla IV y que es satisfactorio a los fines requeridos, puesto que el rango aceptable es de 4 a 16 como puede verse en la Tabla I.

El método utilizado para la determinación del índice de yodo, es el siguiente: Se pesan .50 grs. de la muestra de cera y se colocan en un matríz yodométrico de 450 cm<sup>3</sup>, se agregan 20 cm<sup>3</sup> de tetracloruro de carbono, y a continuación 25 cm<sup>3</sup> de solución de yodo (solución de Naja). Se deja reposar el matríz en un lugar oscuro por media hora, a una temperatura de 25°C. Transcurrido este tiempo, se agregan 20 cm<sup>3</sup> de KI y 100 cm<sup>3</sup> de agua destilada; a continuación se titula el yodo libre con Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.1 N y usando almidón como indicador. Hacer dos titulaciones testigos.

Posteriormente se determinó el índice de saponificación en la forma siguiente: Se pesan 3 grs. de cera y se colocan en un matríz de boca ancha, se agregan 50 cm<sup>3</sup> de KOH alcohólica 0.5N y se lleva a reflujo durante una hora, seguidamente se titula en caliente con HCl 0.5N, obteniéndose un valor de 186, el cual se considera satisfactorio para las necesidades requeridas.

Se analizó el Índice de Acidez, usando como solvente, una mezcla de alcohol y benceno, previamente neutralizada con sosa, empleando como indicador fenolftaleína, se puso a reflujo durante media hora y se procedió a la titulación, dando como resultado

tado un valor de 16.2, considerado dentro del rango de acidez de la cera de Japón, como se observa en la Tabla I.

También se determinaron otras constantes como se observa en la tabla siguiente:

#### T A B L A I V

#### ESPECIFICACIONES FISICO-QUIMICAS DEL SUBSTITUTO DE LA CERA DE JAPON.

Punto de Fusión -----	50-53 °C
Gravedad Especifica -----	.972-.988
Indice de Acidez -----	14.4-16.2
Indice de Saponificación -----	186
Indice de Yodo -----	12.9
Cenizas -----	0.06
Indice de Refracción -----	1.4759
Capacidad Calorífica -----	.692 cal/gr
Conductividad Térmica -----	.098
Viscosidad a 95°C -----	1.082 Cps.
Viscosidad a 119°C -----	1.021 Cps.
Color -----	Mostaza Pálido

---

Comparando la Tabla I, con la Tabla anterior, nótese una gran similitud entre una y otra.

Habiéndose obtenido un sustituto bastante semejante a la cera de Japón, tanto en características físicas como químicas, se procedió a la elaboración de un lote piloto de mina de alta calidad, para comprobar su comportamiento dentro del proceso y sus resultados finales.

De acuerdo a las normas de calidad establecidas en la Cía. Eagle Pencil Co. de México, S.A. de C.V., se obtuvieron resultados sumamente satisfactorios.

La fórmula usada para el lote piloto, es la misma establecida en dicha Cía. para la fabricación de mina de alta calidad, haciendo únicamente el cambio de la cera sustituto por la cera de Japón.

#### FORMULA.

Caolines -----	118.406 Kgs.
Pigmentos-----	84.874 "
Otras ceras ----	75.460 "
Aglutinante ----	24.500 "
CERA SUSTITUTO--	41.510 "
	<hr/>
	310.000 Kgs.

Otros usos más, se encontraron a este sustituto, entre ellos se puede mencionar: para la elaboración de crayón - para marcar ganado, madera y hule, etc.

Se le hicieron diversas pruebas a dicho sustituto, entre ellas, pruebas de blanqueo con diferentes compuestos químicos, obteniéndose resultados positivos, con algunos totalmen

te y con otros parcialmente. Entre los principales compuestos elegidos para dichas pruebas, se pueden mencionar los siguientes:

- Agua de cloro ( gas cloro burbujeado en agua )
- Agua sulfitada (  $\text{SO}_2$  burbujeado en agua )
- Acido nítrico diluido.
- Mezcla de cloro con bioxido de titanio.
- Nitrito de sodio.
- Perborato de sodio.

Habiéndose obtenido mejores resultados con la prueba efectuada con perborato de sodio.

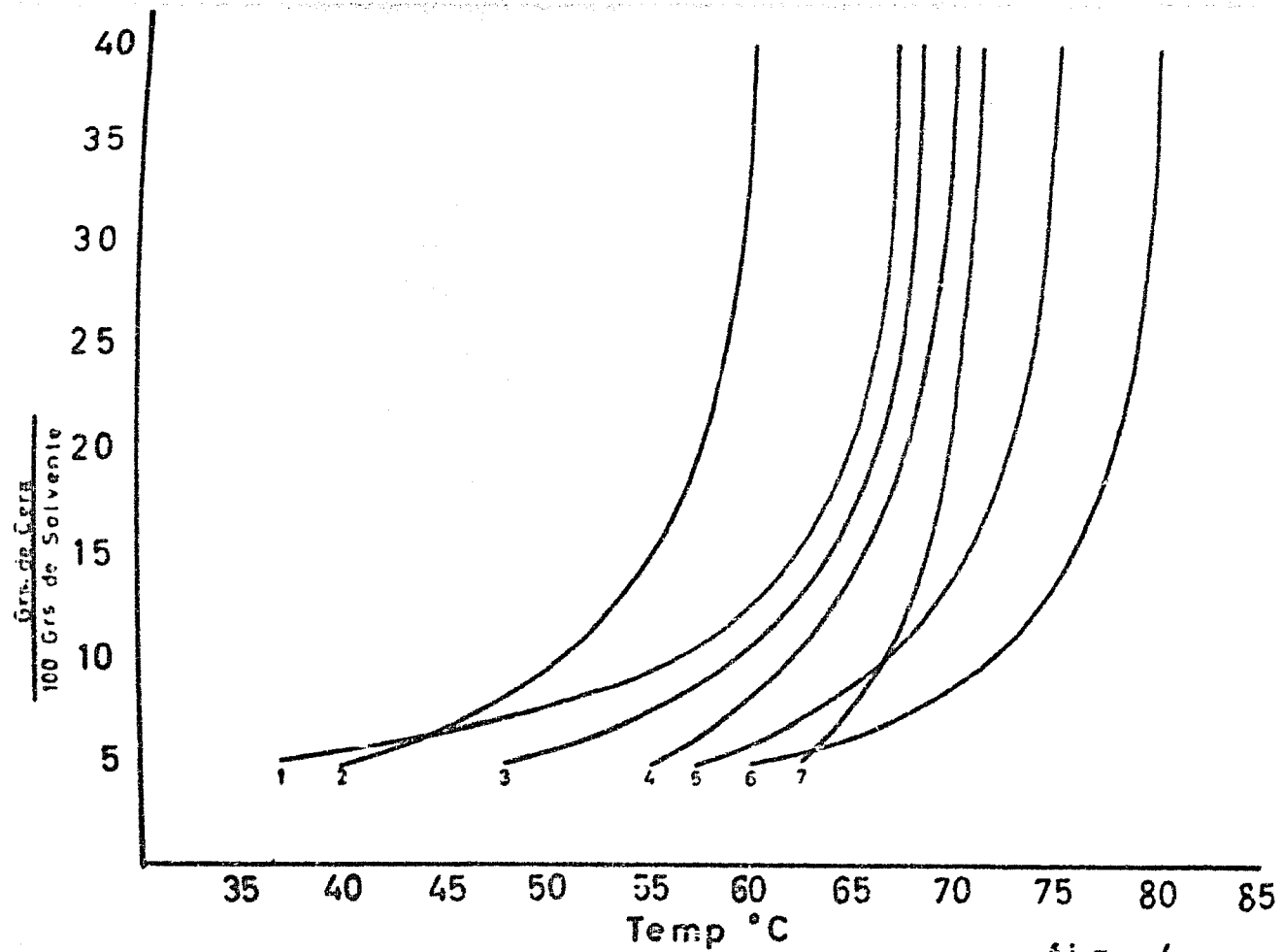
Sin embargo el color de la cera en nada interfiere a los pigmentos usados en la fabricación de mina de color de alta calidad.

Se procedió al final, y como prueba importante de la cera sustituto, a determinar su solubilidad, para hacer una comparación exacta con la cera de Japón, utilizando los siguientes solventes:

- 1.- Tolueno.
- 2.- Gasolina.
- 3.- Acetato de etilo.
- 4.- Tetracloruro de carbono.
- 5.- Toluol.
- 6.- Tricloro-etileno.
- 7.- Propanol.

Los resultados obtenidos, se muestran en la fig. 4, observándose una gran similitud a la misma prueba hecha con - cera de Japón.





Curvas de Solubilidad

fig - 4

CAPITULO III

## DESCRIPCION DEL PROCESO

La fabricación se lleva a cabo, mediante la fusión de la cera de candelilla, en un recipiente provisto de una chaqueta para la circulación del vapor ( medio que se usa para calentar el sistema).

La cera de candelilla, es vaciada a dicho recipiente en forma de trozos, habiendo antes un previo calentamiento, para que el tiempo de fusión de la cera, sea mínimo, se eleva la temperatura hasta 90°C, punto en el cual se agrega el aceite de coco; provocandose una mezcla uniforme debido a las corrientes de convección.

Una vez comprobado que están perfectamente bien fundidos tanto la cera de candelilla como el aceite de coco, se agrega el agua oxigenada al 30%. Se agita mecánicamente, mediante un agitador

cuya potencia está calculada de acuerdo con las características de la cera.

Dicha agitación se lleva a cabo durante media hora, - observándose una gran cantidad de espuma formada en la superficie, debido al poder oxidante del agua oxigenada, sobre la cera de candelilla.

Al cabo de media hora, se deja reincorporar la espuma a la cera líquida y se vacía a una temperatura de 95°C, en moldes de acero inoxidable de 25 Kgs. de capacidad cada uno.

DISEÑO DEL EQUIPO Y  
CALCULO DEL VAPOR NECESARIO.

Base de cálculo, se supone un consumo de :

60 Tons./año de cera

Días laborables ----- 20 días/mes

Total días laborables ----- 240 días/año

Se considera un turno de 8 horas para efectuar la

Producción de un día:

$$\frac{60,000 \text{ Kgs.}}{240 \text{ días}} = 250 \text{ Kgs./día}$$

Se vá a utilizar un recipiente enchaquetado.

Volúmen del recipiente :

$$V = \frac{\text{Peso}}{\text{Densidad}} = \frac{250}{\text{Densidad}}$$

$$\text{Densidad} = .988 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Volúmen} = \frac{250}{.988} = 253 \text{ Lts.}$$

Este volúmen es el requerido por el equipo para la producción de un día. Pero dado el incremento que puede darse al uso de esta cera en un futuro próximo, se dió un margen adicional de  $\frac{1}{2}$  50 % de la capacidad del equipo.

$$\text{Margen adicional} = 253 \times .5 = 126.5 \text{ Lts.}$$

$$V = 253 + 126.5 = 379.5 \text{ Lts.}$$

Tomándose un volúmen de 380 Lts.

Otras dimensiones del equipo, son las siguientes:

La altura del recipiente :

Suponiendo el radio  $r = 38 \text{ cms.}$

$$V = \pi r^2 h$$

$$380 = 3.1416 \times 38^2 \times h$$

$$h = \frac{380}{3.1416 \times 38^2} = 83 \text{ cm} = 34.5''$$

El diámetro interno : DI = 29.250"

El diámetro externo : DE = 30"

Para calcular la altura de la cera en el recipiente :

$$253 \times 3.1416 \times 38^2 \times h$$

$$h = \frac{253}{3.1416 \times 38^2} = 55 \text{ cm} = 21.6"$$

Se dispone de un agitador cuyas dimensiones son las siguientes :

Y - Espesor de las aspas, 1.5 cm = 0.39"

L - Longitud de las aspas, 20 cm = 7.8"

$L_f$  - Longitud de la flecha, 85 cm = 35.4"

B - Distancia del fondo del recipiente a las aspas del agitador, 15 cm = 5.9"

El recipiente tiene en el fondo, en la parte del centro, una salida para la cera y a un lado, en la chaqueta, una salida de condensados.

Con los datos anteriores, se determinó :

12 .- La potencia requerida por el agitador

$$h_p = 1.29 \times 10^{-4} \times D_j^{1.1} \times L^{2.72} \times N^{2.86} \times Y^{0.3} \times Z^{0.6} \times \mu^{0.14} \times \rho^{0.86}$$

$$D_j^{1.1} = (2.44)^{1.1} = 2.67$$

$$L^{2.72} = (0.65)^{2.72} = 0.31$$

$$N^{2.86} = (5)^{2.86} = 100$$

$$Y^{0.3} = (0.05)^{0.3} = .306$$

$$Z^{0.6} = (1.76)^{0.6} = 1.304$$

$$\mu^{0.14} = (2.6)^{0.14} = 1.142$$

$$\rho^{0.86} = (0.988 \times 62.3)^{0.86} = 34$$

De donde :

$D_j$  = Diámetro del recipiente en ft

$L$  = Longitud de las aspas en ft

$N$  = Número de revoluciones por segundo

$Y$  = Espesor de las aspas en ft

$Z$  = Altura de la cera en ft

$\mu$  = Viscosidad a la temperatura de trabajo  
( 95°C en lb/ft x seg. )

$\rho$  = Densidad de la cera en lb/ft<sup>3</sup>

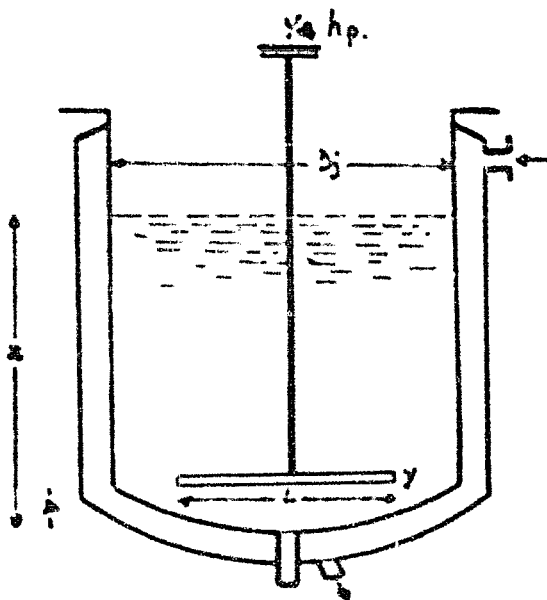


Efectuando las operaciones :

$$hp = 1.29 \times 10^{-4} \times 2.67 \times 0.31 \times 100 \times 0.406 \times 1.404 \times 1.144 \times 34 =$$

$$hp = 0.237$$

Por lo tanto es necesario un motor de 1/4 hp.



22 .- Determinación de la temperatura que requiere el vapor en el sistema y gasto del mismo :

Se tienen los siguientes datos

$$L = 0.65 \text{ ft}$$

$$N = 5 \times 60 \times 60 = 18,000 \text{ rpm}$$

$$\rho = 0.988 \times 62.3 = 61 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu_{35^\circ\text{C}} = 1.082 \times 2.42 = 2.6 \text{ lb/ft hr}$$

$$K = 0.089$$

$$C_p = 0.692$$

Se determina  $Re$

$$Re = \frac{L^2 \times N}{\mu}$$

$$Re = \frac{0.65^2 \times 18,000}{2.6} = 178,000$$

Con este valor de  $Re$ ; en la fig. 20.2 del Kern, se obtiene un factor de transmisión de calor para este tipo de recipientes.

El valor de dicho coeficiente es  $J = 1050$ , que es igual también a :

$$J = 1050 = \frac{2.44}{F} \left( \frac{C_p \mu}{K} \right)^{1/3} \left( \frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14}$$

Se tienen todos los datos, menos la relación  $\left( \frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14}$

Para determinar  $\mu_w$  es necesaria la temperatura de pared,  
a saber :

Fluido Caliente		Fluido frío	Diferencia
307°F	Alta temperatura	200°F	107°F
307°F	Baja temperatura	75°F	232°F
0	Diferencia	125°F	125°F

$$LMTD = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{2.3 \log \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}} = \frac{232 - 107}{2.3 \log \frac{232}{107}}$$

$$LMTD = 161.5^\circ F$$

Para determinar  $t_w$

$$t_a = \frac{t_1 - t_2}{2} = \frac{200 - 75}{2} = 62.5^\circ F$$

$h_o$  para el vapor = 1,500

$$t_w = t_a + \frac{h_o}{h_1 + h_o} (T_a - t_a)$$

$$t_w = 62.5 + \frac{1500}{500 + 1500} (307 - 62.5)$$

$$t_w = 246^\circ F = 119^\circ C$$

Experimentalmente se determinó la  $\mu$   $119^{\circ}\text{C} - 1.021 \times 2.42 - 2.46 \text{ lb/ft hr}$

Continuando el cálculo, se tiene que:

$$1050 \frac{K}{S_j} = 38.4$$

$$\left( \frac{C_p \mu}{K} \right)^{1/3} = \left( \frac{0.692 \times 2.6}{0.089} \right)^{1/3} = 2.4$$

$$\left( \frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14} = \left( \frac{2.6}{2.46} \right)^{0.14} = 1.085$$

Por lo tanto :

$$h_j = 38.4 \times 2.4 \times 1.085$$

$$h_j = 100.5 \text{ Btu/Hr.} \times \text{ft}^2 \times ^{\circ}\text{F}$$

Para el vapor :

$$h_o = 1500 \text{ Btu/Hr} \times \text{ft}^2 \times ^{\circ}\text{F}$$

Con los datos anteriores, se determina el coeficiente total de transmisión de calor :

$$U_o = \frac{h_j \times h_o}{h_j + h_o} = \frac{100.5 \times 1500}{100.5 + 1500} = 94 \text{ Btu/hr} \times \text{ft}^2 \times ^{\circ}\text{F}$$

Considerando un factor de ensuciamiento  $R_d = .005$

Se obtiene un coeficiente de película  $h_d$

$$h_d = \frac{1}{R_d} = \frac{1}{0.005} = 200$$

Corrigiendo el coeficiente total de transmisión de calor:

$$\frac{1}{U_d} = \frac{1}{U_c} + R_d$$

$$U_d = \frac{U_c \times h_d}{U_c + h_d} = \frac{94 \times 200}{94 + 200} = 64 \text{ Btu/hr} \times \text{ft}^2 \times ^\circ\text{F}$$

El área de transmisión se tiene que es igual a :

$$A = \pi \times 2.43 \times 1.76 + \frac{\pi}{4} \times 2.43$$

$$A = 3.1416 \times 2.43 \times 1.76 + .785 \times 2.43$$

$$A = 15.3 \text{ ft}^2$$

Con el área de transmisión, se determina la temperatura del vapor en el sistema.

$$Q = W C_p \Delta t = U_d A \Delta t$$

$$Q = 550 \times .692 (200 - 70^\circ\text{F})$$

$$Q = 49,500 \text{ Btu/hr}$$

$$49,500 = 64 \times 15.3 \times \Delta t$$

$$\frac{49,500}{64 \times 15.3} = \Delta t = 51^\circ\text{F}$$

Dado que la reacción se efectúa a  $203^{\circ}\text{F}$  ( $95^{\circ}\text{C}$ ), la temperatura del vapor, deberá ser de :

$$203 + 51 = 254^{\circ}\text{F}$$

Un vapor de  $254^{\circ}\text{F}$ , corresponde a un vapor de  $32 \text{ lb/in}^2$

Para determinar el gasto de vapor :

$$Q = W C_p \Delta t = W \lambda$$

$$\lambda_{254^{\circ}\text{F}} = 942 \text{ Btu/lb}$$

$$Q = \frac{99,500 \text{ Btu/hr}}{942} = 53 \text{ lb/hr de vapor}$$

Debido al bajo costo del vapor y a la mínima cantidad que se requiere, no haremos un balance económico de éste, ya que como se había mencionado anteriormente, se está considerando esta planta piloto como parte integral de una fábrica ya establecida.

CAPITULO V

## ESTUDIO ECONOMICO.

A continuación, se hará un balance económico, de acuerdo con la capacidad del equipo y el capital total de inversión.

Estos cálculos se harán sobre una base de producción de ocho horas diarias ( tiempo más que suficiente para hacer un lote ) y, trabajando 240 días al año.

Debido a que la planta se considera como parte integral de una fábrica ya establecida, el costo del terreno y construcción, es mínimo.



1.- COSTO DEL MAQUINO Y LOCAL.

Recipiente Enchaquetado	\$ 22,000.00
Motor	1,050.00
Agitador	700.00
Moldes	3,000.00
Construcción	8,000.00
Contratista	1,500.00
Servicios	2,000.00
	<hr/>
	\$ 38,250.00

CAPITAL TOTAL \$ 38,250.00

2.- GASTOS FIJOS.

Depreciación	\$ 11.10
Seguro	17.10
Renta	6.60
Cuota de Admón.	33.30
Interés por capital	266.60
Mano de obra indirecta	200.00
Distribución	7.50
Energía	11.10
	<hr/>
	553.50

TOTAL POR DIA \$ 553.50

3.- GASTOS VARIABLES.

Materia Prima.

Cera de candelilla	\$ 2,025.00
Aceite de coco	700.00
Agua origanada	110.00
	<hr/>
	\$ 2,835.00

De la vuelta \$ 2,385.00

**Sueldos y comisiones.**

Comisiones en ventas \$ 200.00

Mano de obra directa 30.00

Suministros varios 12.00

\$ 3,077.00

**TOTAL POR DIA \$ 3,077.00**

**4.- CAPITAL INVERTIDO POR UN MES DE OPERACION.**

Gastos Fijos \$ 16,599.00

Gastos Variables \$ 63,960.00

TOTAL \$ 80,559.00

**5.- PRODUCCION ANUAL**

240 días x 250 Kgs/día = 60,000 Kgs. de cera

Precio de venta: \$ 20.00 Kg. de cera

60,000 x \$ 20.00 = \$ 1,200,000.00

Costo Anual 966,708.00

**6.- GASTOS TOTALES.**

Costo anual \$ 966,708.00

Costo equipo y local 38,250.00

Impuestos 52,322.65

Regalías 44,290.15

\$ 1,101,570.80

**TOTAL DE GASTOS \$ 1,101,570.80**

7.- UTILIDAD ANUAL .

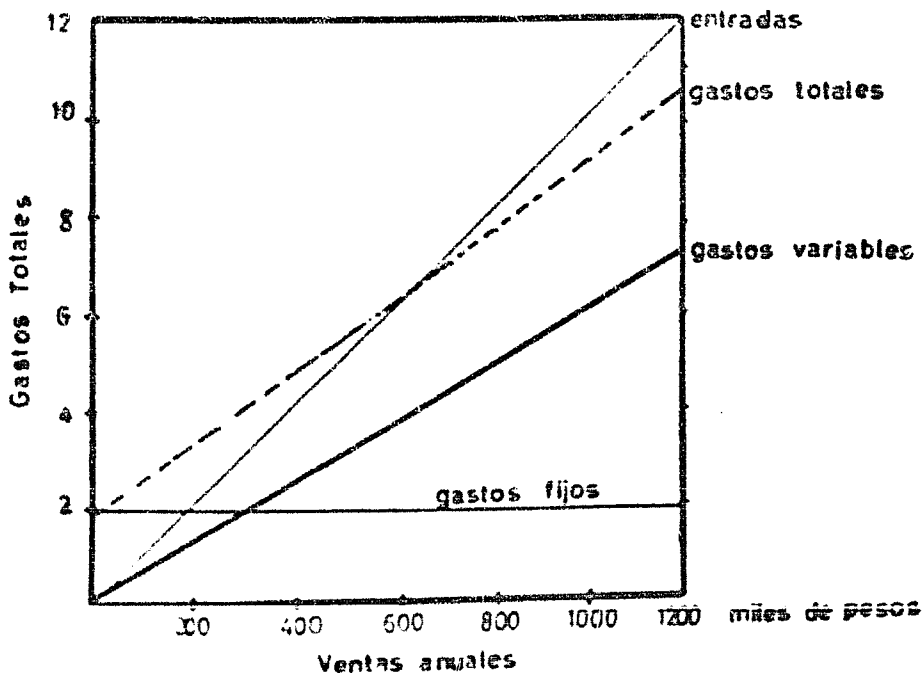
Producción	\$ 1,200,000.00
Gastos	1,101,570.80
	<hr/>
\$	98,429.20

TOTAL UTILIDAD \$ 98,429.20

8.- RENTABILIDAD.

$$\frac{\$ 98,429.20}{\$ 38,250.00} \times 100 = 257 \%$$

Una vez concluido el estudio económico, se construye a continuación la gráfica del Punto de Equilibrio, de conformidad con los datos anteriores; para saber con exactitud la utilidad correspondiente a un volumen determinado de ventas.



CAPITULO VI

## RESUMEN

El proceso que ha sido escogido para elaborar el sustituto de la cera de Japón, es muy noble, y no requiere de un equipo caro, pudiéndose obtener, según las experiencias realizadas, resultados magníficos.

Es costoso debido a que la rentabilidad obtenida, es del 257 %, según se ha demostrado en el último capítulo, pudiendo extenderse esta industria, en un futuro próximo debido a la importancia que ha tomado la cera de Japón en el mundo entero.

Debido al bajo costo de dicho sustituto, y a la diversidad de usos que puede dársele, es de preverse que invada un amplio mercado, ya que la cera de Japón debe ser importada, moti-

vando esto, la restricción de su uso.

Otra ventaja que se obtiene, es el consumo de materia prima nacional, contribuyendo así al desarrollo de otras industrias en el país.

## BIBLIOGRAFIA.

Andersen, A.J.- Refining of oils and Fats. Academic - Press Inc. Publishers. New York. 1961. (V).

D. Q. Kern.- Process heat transfer. Mc Graw Hill Book Company Inc. Tokyo. New York. 1962.

Ferry J.E. "Chemical Engineers Handbook". Cuarta edición. Mc Graw Hill Book Co. New York, Toronto, London.

Daniels.- Industrial and Engineering Chemistry. Vol. 26, 1934. (17).

Badger.- Introduction to Chemical Engineering. Mc Graw Hill Book Company, Inc. New York. 1956.

Handbook of Chemistry and Physics. Chemical Rubber - Publishing Co. 4a. Edición. 1958-1959. New York.

Bandera Molina Juan.- Cora de Candelilla. Reporte del Banco Nacional de Comercio Exterior. 1942.

Fuentes Gilberto.- La Candelilla. Reporte del Banco Nacional de Comercio Exterior. 1937.

Black and Champion.- Accounting in Business Decisions. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, N.J.

H. Bennet.- Commercial Waxes.- 2a. Edición. Appleton Century Crofts. Division of Meridith Publishing Company. New York. 1962.

ESTA TERCERA EDICIÓN IMPRESA EN ABRIL DE 1962  
EMPLANDO EL SISTEMA DE REPRODUCCIÓN  
GEMMA-LITHO EN LOS TALLERES DE  
IMPRESIÓN OFICINA, S. DE R. L.  
MISA Y PERIODICIDAD DEL VALLE MEXICO S. DE R. L.  
CEL. 2527-11 Y 2527-12