

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA



FUNCIONAMIENTO DEL EXTRACTOR CENTRIFUGO
PODBIELNIAK Y SU USO PARA LA SEPARACION
DE LECITINA DEL ACEITE DE SOYA

238

T E S I S

QUE PRESENTAN

ALMA GLORIA MUÑOZ GUZMAN

GUSTAVO ESTRADA MEDRANO

PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO QUIMICO

1974



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.

Tesis
AÑO: 1974
FECHA:
PROC: H. t. 99 99



UNIM 06

Jurado asignado originalmente según el tema:

PRESIDENTE Prof. : ENRIQUE GARCIA GALEANO
VOCAL " : FRANCISCO BARNES DE CASTRO
SECRETARIO " : RUBEN BERRA GARCIA Y COSS
1er SUPLENTE " : ANTONIO VALIENTE BARDERAS
2o. SUPLENTE " : ALEJANDRO GARDUÑO TORRES

Sitio donde se desarrollo el tema:

Universidad Nacional Autónoma de México; Facultad de
Química, Laboratorio de Ingeniería Química.

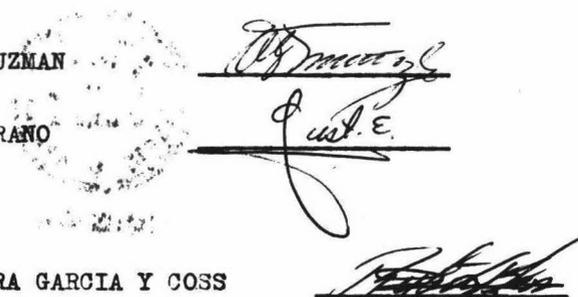
Sustentantes:

ALMA GLORIA MUÑOZ GUZMAN

GUSTAVO ESTRADA MEDRANO

ASESOR DEL TEMA:

M. en C. RUBEN BERRA GARCIA Y COSS



The block contains two circular official stamps, one partially overlapping the other. To the right of the stamps are three handwritten signatures, each written over a horizontal line. The top signature is in dark ink, the middle one is in lighter ink, and the bottom one is in dark ink.

238

Dedico este Trabajo a mis
Padres por Todo el Apoyo y
Ayuda que Siempre me han
Brindado.

Gustavo Estrada Medrano

A mis Padres - Jorge y Gloria

A mis Hermanos - Carmela, Jorge, Paty, Pepe,
Luis, Norma, Carlos, Mónica

A Todas las Personas que
de Alguna Manera han Tenido
Significado en mi Vida.

Alma Gloria Muñoz Guzmán

Damos las gracias a:

AVANTE, S. A. Ingenieros

TYLOR DE MEXICO, S. A.

E M C A, S. A.

HIDROGENADORA NACIONAL, S. A.

Por las donaciones que hicieron
posible la realización de este
trabajo.

Agradecemos a:

Sra. Huerta

CENTRO DE INFORMACION CIENTIFICA Y HUMANISTICA

Sr. Rubén

BIBLIOTECA

IMIT

Sra. Martha *Bustamante*

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO

FACULTAD DE QUIMICA

Sr. Raúl *Montes de Oca*

Sr. Miguel *Castillo*

Sr. Pedro *Hernández*

TRABAJADORES DEL LABORATORIO DE INGENIERIA QUIMICA

la ayuda tan valiosa que de ellos
recibimos, así como del CENTRO DE
INSTRUMENTOS.

C O N T E N I D O

- I.- OBJETIVOS
- II.- GENERALIDADES
 - A.- Equipos de extracción líquido-líquido
 - B.- Análisis de los procesos de extracción líquido-líquido
- III.- EXTRACTOR CENTRIFUGO PODBIELNIAK
 - A.- Antecedentes
 - B.- Características principales
 - C.- Funcionamiento mecánico
- IV.- EXTRACCION DE LECITINA DE ACEITE DE SOYA
 - A.- Antecedentes
 - B.- Extracción de aceites vegetales y animales
 - C.- Características de aceite y lecitina
 - D.- Medios de separación
- V.- METODOS Y MATERIALES
 - A.- Diseño del experimento
 - B.- Estimación del contenido de fosfátidos
- VI.- RESULTADOS Y DISCUSION
- VII.- CONCLUSIONES
 - i.- REFERENCIAS
 - ii.- APENDICE A
 - iii.- NOTACION

INDICE ANALITICO

- o -

Sigue # 2...

I.- . OBJETIVOS

El presente trabajo se ha realizado con el fin de poner en condiciones de funcionamiento el extractor centrífugo Podbielniak que se encuentra en el laboratorio de Ingeniería Química de la Facultad de Química (UNAM).

Fue necesario hacer las investigaciones correspondientes, pues no se contaba con manuales de ninguna especie, ni diagramas que indicaran la forma de operarse y manejarse, lo cual en parte se publica aquí.

Para probarlo se seleccionó la lecitina de aceite de soya cuyo proceso de obtención industrial está en base a la desgomización por álcalis.

Lo experimentalmente hecho presenta la ventaja de poder ser usado como demostración o práctica en la enseñanza dentro del área de Ingeniería Química.

Sigue # 3...

II.- GENERALIDADES

A).- Equipos de extracción líquido-líquido

La extracción líquido-líquido, es una de las operaciones unitarias importantes en la Ingeniería Química, practicada a gran escala industrial. Sin embargo, muchos Ingenieros Químicos están menos familiarizados con la extracción, que con otras operaciones unitarias, tal como la destilación, ya que la extracción es una operación más compleja y no se llega a cubrir satisfactoriamente en los cursos de licenciatura. Por otra parte, hay menos información publicada sobre extracción. Por ejemplo, es más fácil encontrar información sobre diseños de platos cachucha que sobre platos perforados; sobre eficiencias de platos de destilación que de eficiencias de bandejas de extracción, etc.

1.- Como se selecciona el equipo para las operaciones de extracción.

En los procesos de extracción líquido-líquido, se deberán tener en cuenta los siguientes puntos:

- (1) Contacto íntimo de la mezcla de alimentación con el solvente.
- (2) Separación en dos fases líquidas
- (3) Recuperación del soluto del extracto y recuperar el solvente de ambas fases.

Cuando hay un equilibrio simple de contacto de la mezcla alimentada con el solvente, se habla de una etapa teórica; la extracción comercial, requiere de pocas etapas teóricas, lo que se puede satisfacer, por -

diferentes tipos de equipo.

Necesidad de Turbulencia.- El contacto íntimo de dos fases líquidas se efectúa de varias maneras, dirigidas a producir turbulencias localizadas. Esta turbulencia produce una dispersión, de una fase en otra y provee de una gran área superficial para la transferencia de masa en la fase circundante. Se aumenta también la transferencia de masa a la fase vecina, porque el movimiento dentro de cada fase es relativo a dicha superficie.

Los mejores resultados se obtienen cuando continuamente se producen nuevas superficies de contacto; esto se logra, por ejemplo, colectando en un plato las gotas de líquido disperso y redispersándolas en el plato siguiente.

El punto donde se forman las gotas, es donde se efectúa gran parte de la transferencia de masa. A veces, para permitir la separación de las fases es necesario un arreglo adecuado en el mezclado, lo cual se logra aplicando a la extracción una fuerza gravitacional.

Propiedades Importantes.- Con estos antecedentes, es evidente que la superficie y las tensiones interfaciales, viscosidades y densidades relativas de las fases son propiedades muy importantes en un sistema de extracción y probablemente gobiernan el comportamiento de gran cantidad de equipos. La presencia de agentes emulsificantes y sólidos, tiene gran efecto en la selección de equipos.

Generalmente dicha selección se basa en las propiedades particulares de cada sistema y en la necesidad de mantener una operación eficiente y segura. Por ejemplo, los materiales emulsificables que tienen pequeñas diferencias de densidad, con presencia de sólidos o problemas de materiales corrosivos, requieren de equipo especializado.

Datos de Diseño.- La Tabla I presenta un resumen de las características de diseño de equipos comerciales de extracción líquido-líquido. Las eficiencias y capacidades de extracción se expresan como equivalente de altura de una etapa teórica (H.E.T.S.) o número de etapas. Estos datos se obtuvieron de operaciones comerciales o de información directa de fabricantes de equipo.

TABLA I - Características de Diseño de Equipos de Extracción.

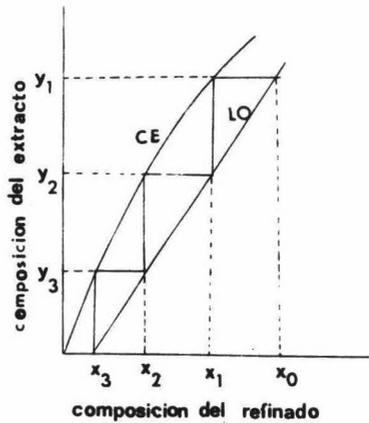
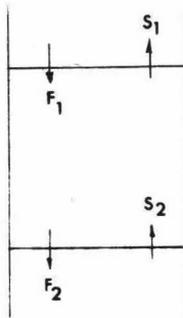
	Capacidad de líquido Corrientes combinadas Cu.Ft/(Sq.Ft) (hr.)	H.E.T.S.	Espacio entre platos	Eficiencia de platos
Mezclador-decantador	-----	Aprox. 1	etapa/unid.	75-100%
Columnas espreadoras	50-250	10-20	-----	-----
Columnas de platos perforados	10-200	1-20	6-24 in.	30% para 4-8in/pla.
Columna Koch	10-200	2	16 in.	20-75%
Columna de Baffles	60-105	4-6	4-6 in.	5-10%
Columna de Cachucha	-----	8-20	12 in.	5-10%
Columna York-Schiebel	50-500	1-2	1-2ft. por unidad de mez.	80-100%
Podbielniak	Para 20,000 gal/hr 1,000-5,000 gal/hr	Baja 3-5 Alto 8-20	etapas/unidad etapas/unidad	----- -----
Luvueta	3,800 gal/hr	Aproximadamente 3 etapas/unidad		-----
Columnas Empacadas	20-150	5-20	-----	-----

Sigue # 6...

En la Tabla I la capacidad está expresada como la suma de las corrientes de alimentación y solvente.

Bases para los Datos de Eficiencia.- La medida de la eficiencia de extracción es una función de las propiedades del sistema y de las velocidades de flujo de los líquidos a través del sistema. En algunos sistemas, esto puede medirse en términos del cambio de concentración.

La extracción en una sección en contacto simple de una torre a contracorriente, con el solvente pasando hacia arriba y la alimentación moviéndose hacia abajo, se puede representar en forma gráfica tal como se muestra en la fig. 1.



Segue # 7...

En este diagrama, F_2 es la composición de la corriente de alimentación (o refinado) que deja la sección, como resultado de un contacto en equilibrio con la corriente de solvente. Si se conocen los datos de equilibrio para el sistema, se puede evaluar la composición de la corriente del solvente (extracto). Esta composición no es la de entrada de la corriente del solvente S_2 , ya que si fuera, no habría gradiente de concentración para transferir el material, por lo que no habría extracción. De hecho, esta composición corresponde a alguna composición de la corriente de solvente S_1 promovida hacia la parte superior de la columna.

Etapas Teóricas.- En el proceso de extracción mostrado en la fig. 1 se mezclan S_2 y F_1 para producir un extracto S_1 y un refinado F_2 . Esta operación es una etapa simple y la altura necesaria de la columna es la equivalente a una etapa teórica.

En el diagrama anterior se muestra un método gráfico para determinar el número de etapas necesarias para la extracción usando solventes - inmiscibles. Partiendo en el punto de entrada de solvente puro, la cantidad de material transferido en la primera etapa se expresa por el cambio de composición ($x_2 - x_3$), mientras que la fuerza directora para transferir el líquido variará de $(x_3 - x_{eq})$ a $(x_2 - x_{eq})$. Esto es idéntico a $(x_3 - 0)$ y a $(x_2 - x_3)$ si la mayor parte de la resistencia está en el refinado.

Considerando que la altura de la etapa teórica es directamente pro-

proporcional a la cantidad de material transferido e inversamente proporcional al gradiente, es evidente, por lo tanto, que cada etapa teórica no representa la misma altura de la columna. De aquí que, es difícil asignar un valor de eficiencia a una columna aun cuando se use el mismo sistema, ya que la eficiencia varía con la diferencia de concentración entre el solvente y la solución que se quiera extraer.

Método Diferencial.- Si se considera solamente un cambio diferencial en la concentración, se puede definir el número de unidades de transferencia N , integrando:

$$dN = \frac{dx}{x - x_{eq}}$$

y la altura de la unidad de transferencia (H.T.U.) será entonces:

$$H.T.U. = \frac{\text{altura de la columna}}{N}$$

Hay que notar que una curva de equilibrio paralela a la línea de operación deberá producir valores constantes para la altura equivalente de una etapa teórica (H.E.T.S.) y en este caso especial, se deben obtener los mismos valores por el método gráfico o por el método diferencial.

H.E.T.S. vs. H.T.U.- La cantidad de soluto que deberá transferirse para dar un cambio en la concentración es proporcional a la velocidad del

líquido. Si la velocidad de transferencia permanece constante para diferentes velocidades, las H.E.T.S. y H.T.U. serán directamente proporcionales. Sin embargo, a altas velocidades del líquido hay velocidades altas de transferencia de masa, de modo que esta proporcionalidad directa no es válida en todos los casos.

Las eficiencias de extracción reportadas en la literatura para varios tipos de equipo han sido determinadas usando una gama muy amplia de sistemas y velocidades de flujo. A continuación se dan algunos de estos datos; no se hace hincapié en la diferencia entre H.E.T.S. o H.T.S. debido a su naturaleza.

Mezcladores-Asentadores.- La extracción se lleva simplemente por mezclado del solvente y la alimentación, separándose las fases de extracto y refinado. Esta operación se puede repetir con solvente fresco o en etapas múltiples en una extracción a contracorrientes. Usando flujo continuo a la entrada y a la salida de las unidades, se puede lograr una extracción continua a contracorriente.

Diseño de Mezcladores.- El mezclador es un tanque con baffles, al que se le adapta una turbina o un agitador. Se usan también los mezcladores de chorro, inyectoros, mezcladores de orificio, mamparas y bombas. En muchos casos, la eficiencia es poca, ya que el tiempo de contacto es

insuficiente para permitir una aproximación razonable al equilibrio. El tiempo de mezclado puede ser muy corto, hasta de menos de un minuto, si la dispersión que hay es buena.

Regularmente el separador es un tanque diseñado para minimizar la turbulencia causada por la entrada y salida de los líquidos. Para aquellas mezclas que tienen un alto grado de dispersión o tendencia a emulsificar y para fases que tienen pequeñas diferencias de densidad, las separaciones por centrifugación son las más usadas. Estas máquinas por lo general son de disco.

Diseño del Separador.- La industria del petróleo usa en muchos procesos de 1/2 a una hora para la extracción en tanques separadores. Para el diseño es posible considerar tiempos cortos de residencia, asegurándose que en el caso de que el proceso sea continuo se tenga flujo laminar y una interfase máxima.

Los mezcladores-asentadores se diseñan fácilmente porque son etapas completas y consisten de equipo estándar. Su principal desventaja está en que se obtiene una etapa por unidad de separador y para un gran número de etapas, entre 5 y 10, el costo es muy alto y el espacio requerido es excesivo; una desventaja es que no se pueden extraer sustancias fácilmente emulsificables.

Columnas Espreadoras.- Una columna espreadora es un cilindro vertical, a través del cual un líquido fluye como fase continua con un segundo líquido disperso en él. Las direcciones de flujo van a depender de las densidades relativas de los líquidos y esto a su vez va a tener gran efecto sobre la dispersión que es lo que determina la extracción. Por lo tanto, al aumentarse la altura de la columna la redispersión se incrementara y se logrará una mejor extracción.

Eficiencia de la Columna.- Las eficiencias van a bajar si la unión de las gotas o la recirculación en la torre es mala, ya que se reduce la verdadera acción de contracorriente. Este efecto se puede reducir en parte si se usan pequeños diámetros en las torres y se arreglan estas en paralelo.

Las columnas espreadoras son los equipos más simples de extracción en cuanto a operación y construcción, son de bajo costo, alta capacidad y fácil mantenimiento. Sin embargo, tienen la desventaja de que la H.E.T.S. es alta con respecto a otros tipos de columnas de extracción.

Columnas Empacadas.- El empaque se usa frecuentemente para promover el contacto de los líquidos que fluyen a contracorriente a través de una columna. Los empaques usados son materiales comunes, tales como anillos Rasching, sillas Berl, coque, Carborundum y barras de madera. El usar pequeños empaques, sólo produce una pequeña variación en la H.E.T.S.

Diseño de la Columna.- El empaque se separa en varias secciones para permitir que los líquidos se redistribuyan. Además, arreglado de esta manera es más fácil de montar o desmontar cuando requiera de limpieza.

En el fondo y arriba de la columna hay distribuidores de líquido y secciones de separación diseñados especialmente. Para la mayoría de las columnas se toma como regla, que la relación del diámetro de la columna al diámetro del empaque no sea menor de 8 a 1. Se pueden manejar materiales corrosivos siendo poca la inversión. Sin embargo, cuando se manejan sólidos, estos tienden a depositarse en el empaque y es difícil limpiarlo.

La interfase donde se produce la extracción se crea en la sección superior o inferior de la columna; raras veces se puede lograr que se produzca en el centro.

Columnas de Platos Perforados.- Este tipo de extractor usa el principio de redistribuir la fase dispersa dentro de las gotas, haciéndola pasar un número determinado de veces a través de los platos que tienen pequeños orificios colocados simétricamente. En su superficie, estas perforaciones tienen un tamaño aproximado de 1/16 a 3/8 in.

Hay ciertas modificaciones a esta idea en otros tipos de columnas, en donde se usan bandejas cuyo espaciamiento varía de 6 in. a 2 ft. Algunas usan perforaciones en bandejas verticales, con lo que se reduce el taponamiento por sólidos.

Estando en operación, la fase dispersa se colecta por arriba y por abajo de cada plato hasta que se desarrolla la suficiente presión para que el líquido pase a través de los orificios, formando gotas que se mueven hacia el siguiente plato. La fase dispersa deberá llenar al menos la mitad del espacio entre platos, condición que se debe tomar en cuenta al diseñarlos. El tamaño del orificio no tiene influencia sobre el grado de extracción, pero determina la capacidad del extractor.

Cascada de Koch.- La Cascada de Koch es una variación poco común, de la columna de platos perforados. Los platos están colocados verticalmente para que el líquido pesado que fluye hacia abajo se disperse varias veces en la corriente de líquido ligero, que se mueve a contracorriente.

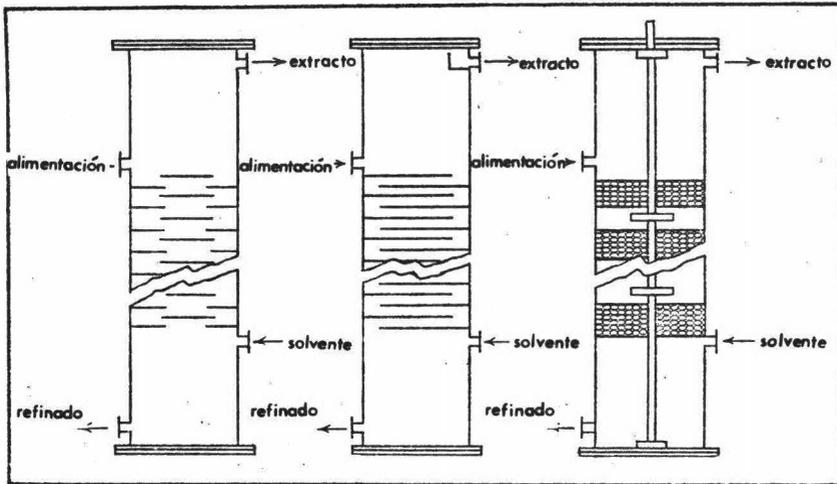
Las columnas de platos perforados tienen la ventaja de tener eficiencias altas y ser de construcción relativamente fácil. No tienen las mismas restricciones de tamaño que las columnas empacadas y las columnas espreadoras. Sin embargo, el diseño presenta cierta dificultad y no pueden operar en un amplio rango de velocidades de flujo como las otras columnas.

Columnas Baffle.- Este tipo de extractores consiste de una torre con baffles horizontales sobre los cuales fluye la fase de líquido disperso dando una gran superficie de contacto a la fase continua. Los baffles están arreglados para que el líquido los cruce y caiga en cascada de uno a otro.

Su construcción es simple y son fácil de limpiar cuando hay sólidos depositados. Se pueden manejar materiales emulsificables debido a la suavidad del flujo a través de la columna. Su desventaja está en que da una eficiencia baja por etapa teórica de baffle.

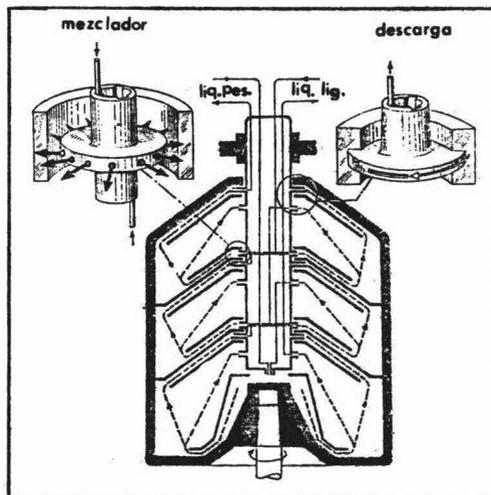
Extractores Pulsantes.- Las columnas pulsantes se usan como recurso de la turbulencia interna para tener una mayor área de contacto, la cual se produce por medio de movimientos recíprocos provocados simultáneamente en ambas fases líquidas. Las columnas empacadas experimentales dan de 30 a 80 pulsaciones/min. en una amplitud de 1/4 in. demostrando ser equivalentes a las columnas ordinarias que tienen de 3 a 5 veces más de altura. Sin embargo, el problema de la emulsificación limita el uso de este tipo de extractores.

Columna York-Schiebel.- La Columna York-Schiebel básicamente es una serie de mezcladores-separadores colocados verticalmente funcionando como una unidad a contracorriente continua. Las unidades toman la forma de una columna en la cual hay secciones mezcladoras separadas por secciones empacadas. La agitación se produce con agitadores guiados por una flecha vertical. Las secciones se empacan con mallas de acero que separan las fases efectuándose la extracción por el movimiento a través de ella; esto explica porque en muchos casos un mezclador-separador es equivalente a una etapa. La eficiencia es de aproximadamente 80% y tiene una H.E.T.S. entre 1 y 2 ft.



Diferentes tipos de COLUMNAS de EXTRACCION

fig. 2



LUWESTA extractor que combina tres etapas en una máquina

Extractor Luwesta.- Esta máquina es fundamentalmente del tipo centrífugo, a la cual se le incorpora un disco esparador mezclador. Tiene tres etapas de mezclado y separación, construidas en un recipiente de 21 in. de diámetro con una altura de 55 in. Se pueden manejar sólidos, ya que estos se recolectan en la periferia del recipiente y pueden removerse desmontando el extractor. La operación de limpieza requiere desde una hasta varias horas, dependiendo del sistema.

Tiene una capacidad de 1,300 gal/hr con una velocidad máxima de 3,800 rpm. El recipiente tiene un volumen de 18.5 gal y un espacio para lodos de 7.5 gal.

El otro tipo de extractor es el Podbielniak del cual se hablará más adelante. Su característica principal, es que usa un rotor perforado montado sobre una flecha y alcanza velocidades de hasta 5,000 rpm. Fig.(3)

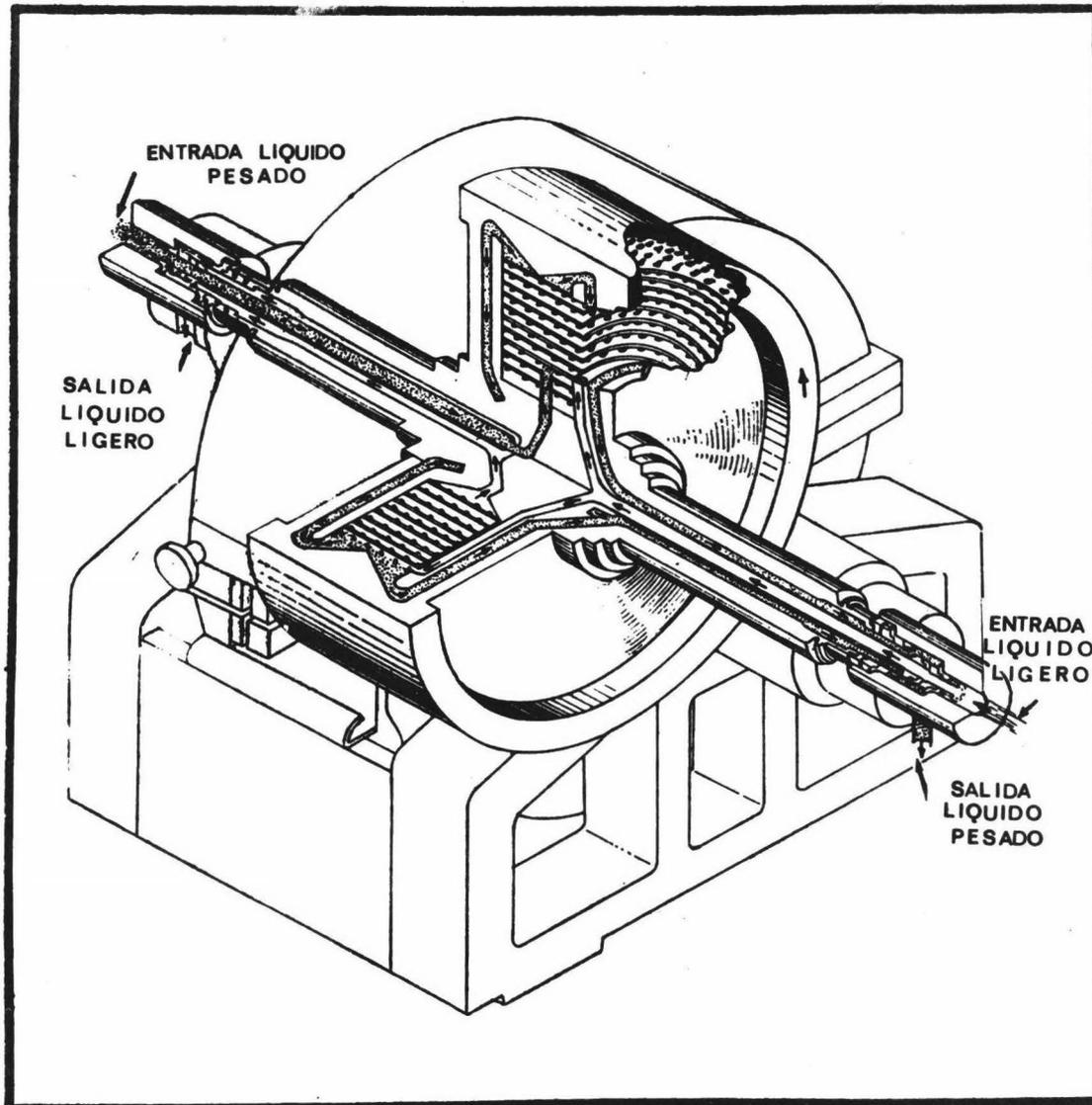


fig 2 **PODRITNI AK** extractor con conductos en espiral perforados

B).- Análisis de los procesos de extracción líquido-líquido

Tipos de Sistemas.- Todos los procesos de extracción que actualmente se trabajan pueden clasificarse en dos grupos:

- 1).- Un sistema ternario con dos pares parcialmente inmiscibles y un par completamente miscible.
- 2).- Un sistema ternario con un par parcialmente inmiscible, los otros pares completamente miscibles.

En los casos donde se usan mezclas de solventes no es posible simplificar el análisis al de un sistema ternario; estos sistemas son difíciles de analizar y se requiere de una investigación durante el proceso para saber que tan correcto es el proceso usado.

En su mayoría los procesos de extracción se incluyen en el primer tipo, aun cuando los solventes sean miscibles uno en otro. Desde el punto de vista de diseño y estimación, deberán considerarse inmiscibles; pero cuando se quiera recuperar el solvente no podrá hacerse dicha suposición.

Para que un sistema pueda considerarse como bueno, deberá tener un coeficiente alto de distribución entre la fase del extracto y la fase del refinado.

Diagramas Triangulares.- Estos tipos de extracciones se pueden analizar por medio de los diagramas triangulares, los cuales muestran las relaciones entre las fases de los tres componentes. Las curvas de solubilidad sobre estos diagramas indican los puntos en los cuales, un cambio en la composición total, produce un cambio en el número de fases líquidas.

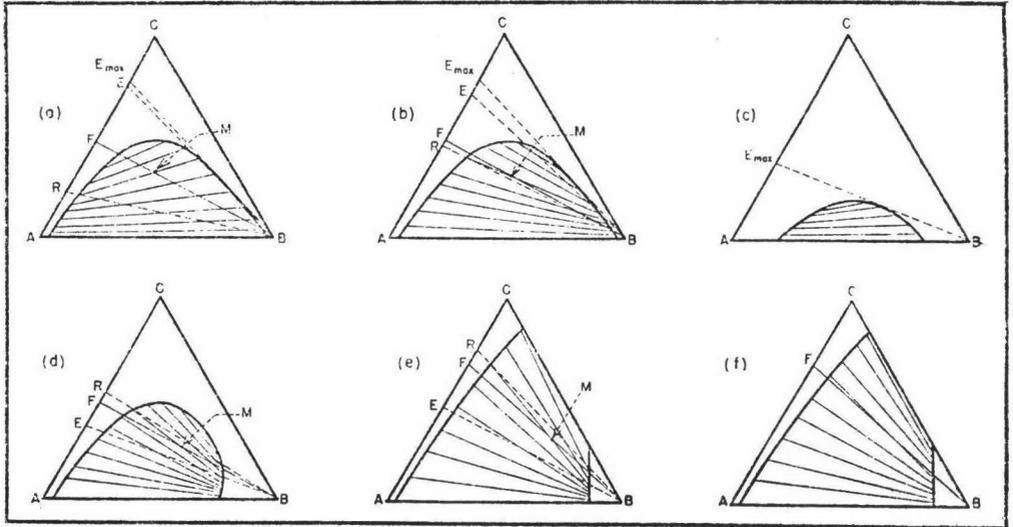
Una mezcla en la región limitada dentro de la curva de solubilidad, se divide en dos fases en equilibrio, cuyas composiciones están dadas por las terminaciones de las líneas de unión entre dos puntos de la curva de solubilidad. En estos sistemas, la temperatura tiene una gran influencia, determinando una curva de solubilidad para cada temperatura en un mismo sistema.

El análisis de un sistema de extracción debe hacerse después de que el solvente ha sido recuperado (base libre de solvente).

Las composiciones de cada uno de los tres componentes se representa en un diagrama triangular, en donde cada uno de los lados representa a cada uno de los componentes. En estos diagramas se puede indicar el enriquecimiento (extracto) y el agotamiento (refinado) obtenidos.

En los siguientes diagramas se considera un sistema donde un par es parcialmente inmiscible. C es el soluto y se supone que la solución por extraer es una mezcla de A y C, representada por F.

Sigue # 20...



Los datos de solubilidad y las líneas de unión en los diagramas triangulares permite un análisis rápido de sistemas ternarios

fig. 4

Es necesario ver si B es un buen solvente y si el sistema es un proceso práctico de extracción. Debe considerarse el máximo enriquecimiento posible del soluto en el extracto y el número de etapas requeridas para efectuar la extracción.

El enriquecimiento máximo del soluto C puede obtenerse dibujando una tangente a la curva de solubilidad a partir del vértice B. El punto de tangencia indica donde se tiene la relación más alta entre C y A. En un proceso práctico es imposible lograrlo. Se puede ver que la curva en (a) es mucho más ascendente que la mostrada en (c).

Estudio de las Líneas de Unión.- Aunque la mayoría de los análisis se hacen en base a la extracción a contracorriente pueden juzgarse cualitativamente considerando únicamente un contacto simple y una etapa de separación. En los diagramas se puede ver que entre mayor sea el ángulo entre las líneas de unión y la línea B-F, mayor es la separación de extrato-refinado. Esto se representa considerando a M la composición total en los diagramas (a), (b) y (d). Los puntos E y R, son el extracto y el refinado libres de solvente, que se pueden extender a lo largo del lado AC del triángulo. En (d) se tiene el caso extremo donde las líneas de unión presentan una pendiente tan desfavorable que B es mejor solvente para A que para C.

Los diagramas (e) y (f) muestran un sistema donde se tiene dos pares - parcialmente inmiscibles. En el diagrama (e) y B es el solvente tanto para A como para C dependiendo de las pendientes de las líneas de unión. Todos los enriquecimientos de A o C son teóricamente posibles en este sistema. A puede ser razonablemente enriquecido por etapa.

El sistema representado por (f), el ángulo entre las líneas de unión y la línea B-F es muy pequeño, por tanto el sistema no es satisfactorio.

Sistemas Complejos.- Otros tipos de sistemas pueden analizarse cualitativamente, usando métodos similares. Sin embargo, existen algunos sistemas que requieren de más exactitud, debiéndose tomar en cuenta el flujo a contracorriente, la relación de alimentación a solvente, si se usa recirculación, etc. Además el análisis final deberá hacerse calculando el número de etapas teóricas necesarias para cada proceso en particular.

III.- EXTRACTOR CENTRIFUGO PODBIELNIAK

A).- Antecedentes.-

En 1934, Podbielniak (9, 10) y Coutor (4), aplicaron la fuerza centrífuga a la extracción líquido-líquido. El aparato original de Podbielniak consistía de un rotor montado sobre un eje horizontal, el cual contenía una espiral perforada a través de la cual pasaban los dos líquidos a contracorriente. El extractor Coutor era un aparato vertical, el cual operaba como separador de crema, pero con remezclados intermedios. Otros aparatos centrífugos se desarrollaron o patentaron en 1939 por Thayer (8), en 1940 por Sheldon y Fanestock (8) en 1948 por Hertzberg (5) y hacia 1950, el Luwuesta (5), extractor de tres etapas basado en el diseño Coutor.

En la actualidad se puede hablar de Alfa Laval, PennWalt, etc., como los más poderosos fabricantes de extractores centrífugos, estos se manejan con el mismo principio que los primeros, pero se han eliminado en alto grado muchas de las deficiencias que presentaban aquéllos y se han llevado a tal perfeccionamiento, que es posible encontrar un extractor específico para el uso y condiciones que se requieran en un proceso cualquiera.

B).- Características principales.-

Descripción del Equipo.- El extractor centrífugo cuenta con las siguientes partes:

Usa un motor de 1.5 H.P., con una corriente trifásica 220/440 y 60 ciclos, un tanque de 10 galones y otro de 15, conteniendo en uno el líquido ligero y en otro el pesado. En cada tanque hay un medidor de nivel, un tapón para llenado y otro para descarga, y un manómetro; se usa un tanque de nitrógeno para presurizarlos controlado por un regulador. El flujo de cada líquido se controla por una válvula; en las líneas de flujo, hay intercambiadores de calor para calentar o enfriar uno u otro fluido. Se usan termómetros en ambas líneas de entrada; en cada una de las líneas de salida se colocaron manómetros. El rotor, en el cual tiene lugar la extracción, está cubierto por una coraza por la cual puede fluir líquido caliente o frío y su velocidad del rotor puede variar de 2,000 a 5,000 rpm, recurriendo a una manivela manual. Sobre la línea de salida del líquido ligero hay un regulador de presión usado para variar la relación de líquidos en el rotor y mantener una presión constante de salida del líquido ligero. Los líquidos efluentes se colectan en recipientes de vidrio.

El rotor es de aproximadamente 18 in. de diámetro y 2 in. de espesor con una carga práctica de 600 cc ó 0.15 gal. Aproximadamente 65 cc del total de 600 están en la sección de contacto y representa el balance en la flecha y del flujo que pasa. Todas las partes en contacto con el líquido son de acero inoxidable 316. El rotor, tiene además un terminado de acero al cromo molibdeno.

Fig. 5
Diagrama esquemático del
flujo a través del extractor

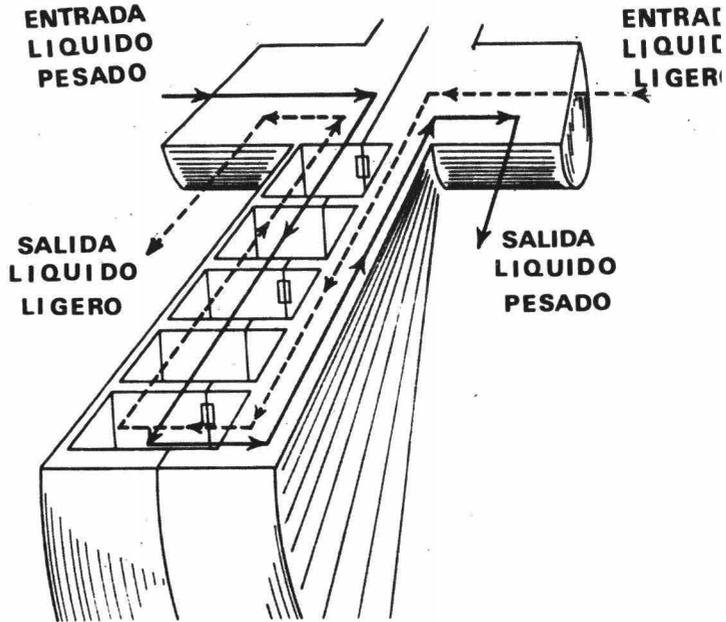


Fig. 6
Dibujo esquemático del
extractor

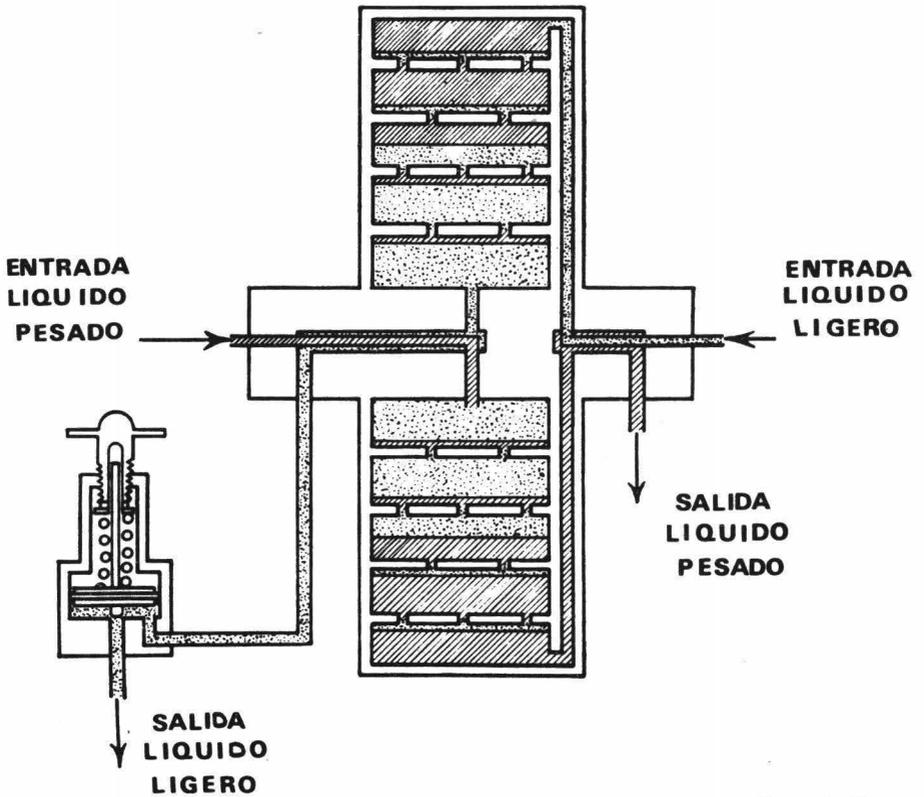


Diagrama.- Las figuras 5 y 6 son diagramas esquemáticos del extractor. Dentro del rotor están 18 anillos concéntricos en la periferia de los dos discos acoplados formando el rotor. Los anillos están conectados a intervalos de 180° por ranuras de aproximadamente 0.04×0.12 in. Las ranuras en los anillos adyacentes están girados 90° . El líquido pesado fluye hacia el interior del rotor a través de un sello mecánico gubatorio y entra a la cámara de extracción cerca del eje. El líquido ligero pasa a través de un sello similar y entra a la periferia de la cámara. Las perforaciones corresponden solamente al 20% del área cilíndrica, permitiendo dos caminos para que el líquido fluya.

C).- Funcionamiento Mecánico.-

Principio Bajo el Cual Opera.- El principio bajo el cual operan los extractores líquido-líquido es la creación de una gran área interfacial a través de la cual la extracción se lleva a cabo.

Cuando las dos fases, líquido ligero y líquido pesado, se encuentran en el interior, la fuerza centrífuga hace que el líquido pesado sea arrojado hacia afuera, desplazando al líquido ligero al interior. En la zona donde el líquido pesado predomina, se forma una capa de líquido ligero sobre la cara exterior de cada anillo de metal hasta que se desarrolla una cabeza suficiente para que el líquido se derrame a través de las ranuras. En la zona cercana al centro del rotor donde predomina el líquido ligero, ocurre un fenómeno similar, formándose una capa de líquido pesado sobre el lado interno

de cada anillo de metal.

El líquido pesado pasa hacia afuera a través de una de las ranuras, formando gotitas, las cuales son la fase dispersa en la capa continua de líquido ligero del otro lado de la ranura. Las gotitas continúan radialmente con algunos torbellinos hasta que se unen con la capa de líquido pesado sobre el lado interno del próximo anillo. Lo mismo pasa con las gotitas de líquido ligero moviéndose hacia adentro a través de las muescas. El efecto neto es la creación de una gran área interfacial a través de la cual se efectúa la extracción. La separación se basa en que al mezclarse y separarse continuamente los dos fluidos, la extracción se acelera por la fuerza centrífuga y las dos capas pasan una sobre otra hasta que escapan dentro de otros anillos.

Interfases.- Las condiciones dentro del rotor durante la extracción se pueden visualizar como sigue:

Hay una interfase principal y una serie de interfases menores. En el exterior de la interfase principal predomina la fase pesada; entre la interfase principal y el eje predomina la fase ligera. En cada espacio libre entre los dos cilindros concéntricos, la cantidad acumulada de la fase dispersa ayuda a desarrollar una cabeza suficiente para pasar a través de las ranuras, así que aún en la región cercana al eje donde predomina la fase ligera hay algo de fase pesada. Debido a la posición de la interfase principal se acumula gran cantidad de fase pesada en los espacios libres

cercanos al eje a fin de inundar el interior para que salga el líquido ligero. Dicha inundación ocurre en la corriente de salida del líquido ligero y puede corregirse incrementando la presión de salida del líquido ligero.

La posición de la interfase principal entre los líquidos ligero y pesado se controla por el regulador de presión de la línea de salida del líquido ligero. Girando el tronco roscado del regulador, se restringe el flujo de líquido ligero de la unidad. El líquido ligero fluye del rotor más fácilmente cuando el regulador ofrece una pequeña restricción al flujo; cuando el regulador se cierra, el líquido ligero no puede fluir hacia afuera sino hasta que la presión de la corriente de salida del regulador se incrementa y la cantidad de líquido ligero en el rotor aumenta. La presión de salida del líquido ligero (P_{SLL}) puede tomarse como una indicación de la cantidad de líquido ligero en el rotor. Puesto que la corriente de líquido pesado está a presión atmosférica, la cantidad en el rotor está determinada por la cantidad de líquido ligero. De este modo, al incrementarse la presión de salida del líquido ligero, se incrementa la carga práctica del líquido ligero en el rotor.

Si la presión de salida se incrementa, el líquido ligero aumenta en el anillo exterior hasta que el líquido ligero sale a través del líquido pesado. Esta condición se define como inundación.

En todos los casos, la presión de entrada del líquido pesado (P_{ELP}) esencialmente es la misma que la presión de salida del líquido ligero, por

lo que al entrar a la cámara de extracción, el líquido pesado, bajo la influencia del campo gravitacional, podrá tener una presión ligeramente menor que la presión del líquido ligero a la entrada.

Volumen del Líquido.- El volumen del líquido en este extractor está contenido en dos secciones: una es el rotor o área de contacto; la otra incluye los sellos y las líneas de alimentación y producto. Si V_T es el volumen total del extractor y V_R el volumen del rotor, la diferencia es:

$$V_T - V_R = V_S \quad \dots (1)$$

el volumen de sellado. El subíndice L, denota la fase ligera y P la pesada. Las siguientes ecuaciones están implicadas por la ecuación (1):

$$V_T = V_P + V_L \quad \dots (2)$$

$$V_R = V_{RP} + V_{RL} \quad \dots (3)$$

$$V_S = V_{SP} + V_{SL} \quad \dots (4)$$

$$V_L = V_{RL} + V_{SL} \quad \dots (5)$$

$$V_P = V_{RP} + V_{SP} \quad \dots (6)$$

En estas ecuaciones, V_T , V_R , V_S , V_{SP} y V_{SL} son constantes, mientras que V_L , V_P , V_{RL} y V_{RP} son variables que dependen de las condiciones experimentales. En el extractor, V_T y V_R son aproximadamente 600 y 65 cc respectivamente.

Presiones.- Morgenthaler (6) derivó la siguiente ecuación para la

caída de presión del líquido ligero a través del extractor:

$$P_{L1} - P_{LO} = \Delta \ell w^2 V_{RP} / 2 \gamma b g_c \quad \dots (7)$$

Barson y Beyer (6) derivaron la siguiente ecuación para la presión de entrada del líquido ligero:

$$P_{L1} = \Delta \ell w^2 r^2 / 2 g_c \quad \dots (8)$$

y evaluaron $r = 7.71$ in.

Eliminando P_{L1} de las ecuaciones (7) y (8) y resolviendo para P_{LO} , se obtiene:

$$P_{LO} = \Delta \ell w^2 (r^2 - V_{RP} / \gamma b) / 2g \quad \dots (9)$$

La ecuación (9) tiene dos importantes usos: el primero, predecir los límites de operación para cualquier sistema; el segundo, estimar las condiciones óptimas de operación en conjunto con las relaciones entre las variables de diseño y el número de etapas.

Análisis de la Ecuación.- Si los dos parámetros r y b en la ecuación se conocen, esta ecuación se usa para predecir los límites de operación; así las especificaciones de $\Delta \ell$ y w fijan P_{LO} en ambos límites de inundación. En la inundación de salida del líquido ligero V_{RP}/V_R deberá ser igual a la unidad y la inundación en la salida del líquido pesado,

V_{RP}/V_R , será cero.

La aplicación de la ecuación (9) no está limitada por una variación en el rotor, si se define \underline{b} como la efectividad del rotor y se evalúa numéricamente del funcionamiento del extractor mejor que de sus dimensiones. Definiendo \underline{b} de esta manera se puede aplicar la ecuación (9) independientemente del arreglo interno en las secciones de contacto de extractores similares.

De la ecuación (9) se puede determinar el valor de V_{RP} :

$$V_{RP} = \mathcal{F} b(r^2 - 2g_c P_{LO}/\Delta \ell w^2) \quad \dots (10)$$

y sustituyendo en la ecuación (3), se obtiene:

$$V_{RL} = (V_R - \mathcal{F} br^2) + 2 \mathcal{F} bg_c P_{LO}/\Delta \ell w^2 \quad \dots (11)$$

Puesto que \underline{r} y \underline{b} se definen como dimensiones del rotor, br^2 es el volumen de líquido V_R . Los dos primeros términos de la ecuación (11), dan:

$$V_{RL} = 2 \mathcal{F} bg_c P_{LO}/\Delta \ell w^2 \quad \dots (11a)$$

sustituyendo la ecuación (10) y (11a) en las ecuaciones (5) y (6) se obtiene:

$$V_P = (\mathcal{F} br^2 + V_{SP}) - 2 \mathcal{F} bg_c P_{LO}/\Delta \ell w^2 \quad \dots (12)$$

$$V_L = V_{SL} + 2 \mathcal{F} bg_c P_{LO}/\Delta \ell w^2 \quad \dots (13)$$

Las ecuaciones (12) y (13) son de la forma:

$$V_x = a_x \pm c_3 P_{LO} \quad \dots (14)$$

donde a_x y c_3 son constantes a Δe y w constantes. Las ecuaciones (12) y (13) predicen que el volumen de una y otra fase en el extractor variará linealmente con P_{LO} .

Determinación del Número de Etapas.- La determinación del número de etapas de equilibrio se obtiene por el método de Mc. Cabe-Thiele. La línea de operación se supone recta, ya que no se pueden tener muestras intermedias de la mezcla sino sólo las concentraciones finales (alimentación, solvente, refinado y extracto). Si ocurrieran cambios de volumen dentro del rotor, la línea de operación no se podría suponer recta.

Colburn y Pigford (3) dan la ecuación para el cálculo de platos teóricos en aparatos a contracorriente:

$$N_p = \frac{\ln (1 - J) Q + J}{\ln (1/J)} \quad \dots (15)$$

donde J y Q están definidas para absorción, destilación y extracción.

La línea de operación arriba de la línea de equilibrio:

$$\log 1 - \frac{(y_1 - y_2) (m-a)}{a (y_2 - mx_2)}$$

$$N = \frac{\log \frac{a}{m}}$$

La línea de operación abajo de la línea de equilibrio:

$$N = \frac{\log 1 - \frac{(x_1 - x_2) (a - m)}{mx - y_2}}{\log \frac{m}{a}}$$

Para el caso donde se usa solvente puro, se puede hacer una simplificación: para la línea de operación arriba de la línea de equilibrio, $x_2 = 0$; para la línea de operación abajo de la línea de equilibrio, $y_2 = 0$.

Datos de Diseño

Operación Física.- En el estudio del funcionamiento del extractor, se hace la distinción entre los factores que relacionan únicamente la parte hidrodinámica de dos fluidos inmiscibles en el aparato y los factores que afectan la extracción de un soluto de uno de estos fluidos dentro del otro. En el primer grupo se pueden considerar:

- a.- diferencia de densidad de los dos fluidos
- b.- velocidad de rotación
- c.- presión de entrada del líquido ligero
- d.- presión de salida de líquido ligero
- e.- relación de velocidades de flujo

Las variables que afectan la extracción del soluto:

- a.- concentración de la alimentación y solvente
- b.- relación de velocidades de flujo
- c.- velocidad de rotación
- c.- relación de los dos fluidos dentro del rotor
- e.- salida total de líquidos

La siguiente ecuación ha sido derivada teóricamente y relaciona la presión de entrada del líquido ligero, la velocidad de rotación y la diferencia de densidades de los fluidos: **(2)**

Suponiendo que el líquido pesado fluye continuamente del eje a la periferia del rotor, la presión ejercida en la periferia, causada por la fuerza centrífuga, es:

$$P_{LP} = \frac{w^2 r^2}{2g} \rho_{LP}$$

El flujo de líquido ligero es continuo hasta que entra a la periferia del rotor. Bajo la influencia de la fuerza centrífuga, se ejerce en ese punto una presión de:

$$P_{LL} = \frac{w^2 r^2}{2g} \ell_{ll}$$

El líquido ligero entrará en la periferia de la cámara cuando su presión exceda a la del líquido pesado. La diferencia de presión creada por la fuerza centrífuga deberá superarse por la aplicación de una presión externa al líquido ligero. Esta presión adicional necesaria está dada por:

$$P_{ELL} = P_{LP} - P_{LL} = \frac{w^2 r^2}{2g} (\ell_{lp} - \ell_{ll})$$

Puesto que $w/2 = \text{rev/seg}$:

$$P_{ELL} = \frac{4 \pi^2 (\text{rev/seg})^2 r^2}{2g} (\ell_{lp} - \ell_{ll})$$

De los datos de manufactura del aparato, se obtuvo que $r = 7.71$ in o 19.58 cm. La presión en g/cm^2 se obtiene como:

$$P_{ELL} = \frac{4 \pi^2 (\text{rev/seg})^2 (19.58)^2}{(2) (980.6)}$$

$$= 7.718 \Delta \ell (\text{rev/seg})^2$$

Esta relación ha sido verificada experimentalmente usando varios sistemas y los resultados están publicados en la literatura (6). Es sólo una aproximación, ya que la suposición de que el líquido pesado fluye continuamente a través de todo el rotor no siempre es válida. Además, las líneas de entrada contribuyen con algo de caída de presión como consecuencia de los torbellinos que se forman en el rotor.

Importancia.- El extractor representa un método de contacto de dos fases líquidas. El modelo de laboratorio usado puede variar en número de etapas, dependiendo del sistema que se use. Se pueden lograr entre 3 hasta 20 que es el número más alto alcanzado a la capacidad total del rotor (7). En la figura (7), se da un dibujo del extractor centrífugo.

Este extractor se puede usar para separar partículas pequeñas de sólidos, sin embargo, deben de ser de poca dureza, ya que los sellos mecánicos a través de los cuales fluyen los líquidos hacia el rotor, pueden dañarse. Lo más notable de este aparato de centrifugación por contacto es la habilidad de poder completar una extracción de multietapas, aunque el sólido esté pocos minutos en contacto. Cuando hay posible degradación de las sustancias, ocasionada por tiempos de contacto prolongados con el solvente, este extractor la elimina, ya que el tiempo de contacto es muy corto.

La extracción entre líquidos que tienen poca diferencia de densidades o tendencia a emulsificarse puede efectuarse cuando es aplicada una fuerza centrífuga. Los solventes que en otro aparato deberían disolverse para obtener diferencia de densidades operable, pueden usarse en forma pura con selectividad no inhibitoria, pues al usar la fuerza centrífuga se produce la diferencia. En cuando a requerimiento de espacio, el lugar que ocupan es pequeño, ya que son unidades compactas.

Debido al complicado diseño de ingeniería, el costo primario de dicho aparato es muy elevado, aunque decrece a medida que las operaciones se

incrementan. Los costos de mantenimiento son bajos y hay ejemplos de operación continua durante 9,000 horas sin que haya alteración en su funcionamiento. El diseño de tales equipos es más un arte que una ciencia; se puede usar para investigaciones donde se requieran tiempos de operación cortos. Los datos que se obtengan pueden usarse para diseñar equipos a nivel industrial.

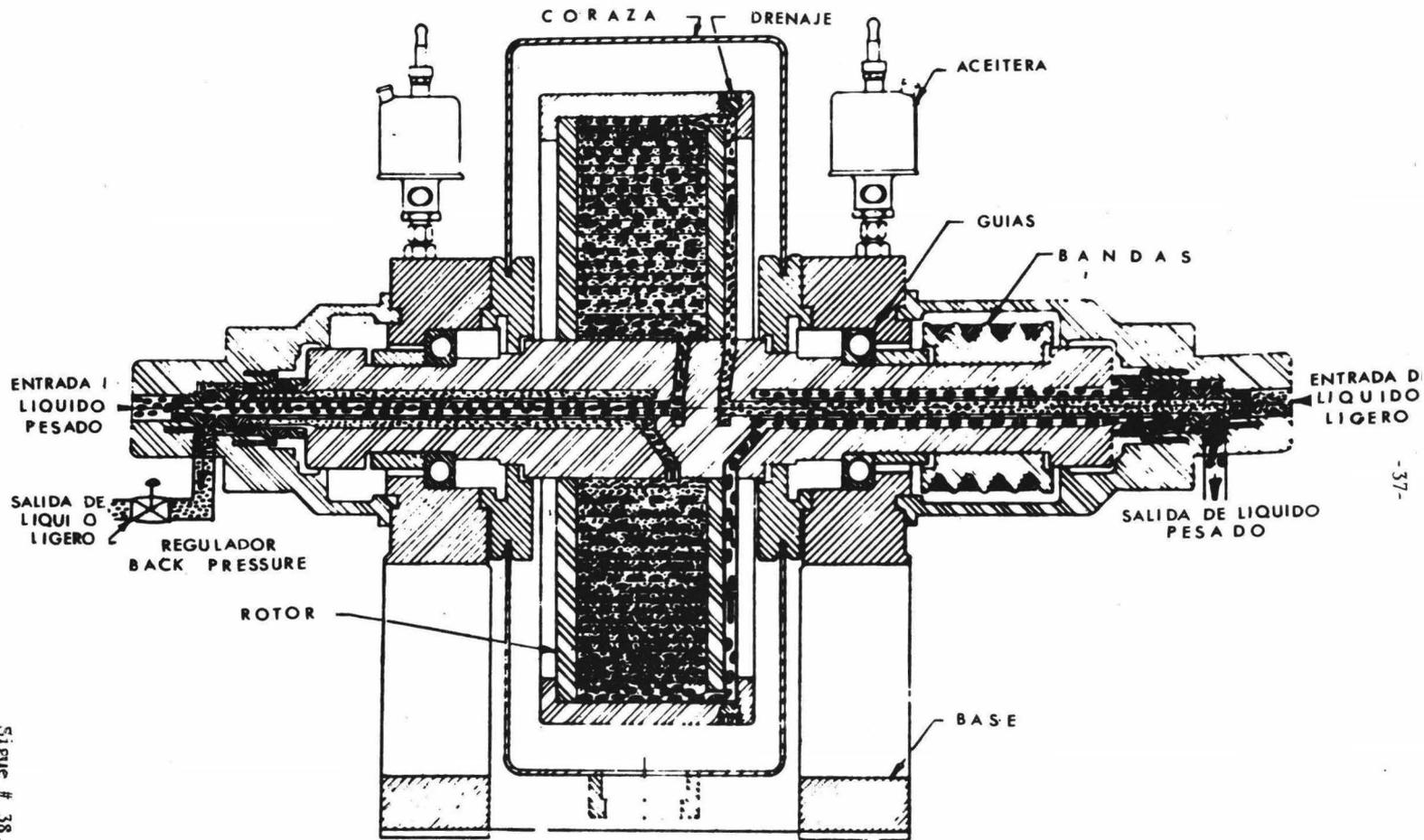


Fig. 7 Corte transversal del Extractor Centrifugo Podbielniak

IV.- EXTRACCION DE LECITINA DE ACEITE DE SOYA

A).- Antecedentes.-

La producción de lecitina es una consecuencia de la manufactura del aceite de soya por el proceso de extracción por solvente y el de expeller. Originalmente la lecitina de soya era un residuo indeseable que causaba problemas para eliminarlo, ya que al hidratarse tiende a fermentarse produciendo sustancias de mal olor. Con la instalación de plantas de expeller y extracción por solvente, se decidió secar a vacío, centrifugando el aceite y secando el residuo, al cual se llamó lecitina de soya. Al principio no se encontró uso para este material, pero posteriormente los múltiples trabajos de investigación han desarrollado un amplio campo de aplicaciones para diversos propósitos. Inicialmente se usó como tónico nervioso, después como constituyente de pinturas, chocolates, etc. En la actualidad el 80% que se produce en forma hidratada no se recupera, por que no se ha encontrado uso para tal cantidad.

El tratamiento clásico de lecitina revela que una porción es parecida a los fosfátidos de origen animal. La lecitina de huevo, nervios y cerebro se ha comparado con la de soya y en general, la lecitina, o más correctamente los fosfátidos se encuentran en todos los animales y vegetales donde hay presencia de aceite. La estructura química y la función fisiológica de los fosfátidos es algo incierta, pero está íntimamente relacionada con los procesos vitales y de reproducción.

En las semillas, los fosfátidos están relacionados con la cantidad de aceite, pero la proporción de fosfátidos varía con el contenido de proteínas, fenómeno que aún no ha sido explicado.

B).- Extracción de aceites vegetales y animales.-

La extracción líquido-líquido tiene gran uso en la actualidad para la separación de grasas y aceites vegetales y animales en varias fracciones. Estos materiales pueden contener vitaminas, esteroides, proteínas y constituyentes menores, además de grasas y aceites de muy diferentes pesos molecular y grados de insaturación.

Proceso Soxhlet.- Este proceso se usa para obtener aceites lubricantes por medio de propano líquido como solvente y operando bajo presión, pues el punto normal de ebullición del propano es de - 42° F y a temperatura ambiente su presión de vapor es de aproximadamente 135 psi. Es necesario mantener el proceso abajo de 100° C para mantener al propano líquido. La versatilidad de este proceso está en que arriba de la temperatura crítica de la solución, la solubilidad de una grasa en propano decrece tanto como la temperatura se incrementa; abajo de esta temperatura los dos son miscibles. Esta ventaja puede aprovecharse tomando diferentes temperaturas críticas de las soluciones.

Decolorización.- La aplicación más general de la extracción es para la decolorización; se puede decolorizar hasta 200,000 lb/día de sebo, recuperándose el 98% de propano, que se usa como solvente. Esta fase es continua y se descarga con el producto disuelto, recuperándose el solvente por evaporación y se recircula al proceso.

En el caso de aceites de pescado, como el de bacalao, mero, sardina, pez blanco, etc., el concentrado de vitaminas es el objetivo primario, pero también es deseable recuperar parte de los otros constituyentes pues contienen moléculas altamente insaturadas. La mayoría de las fracciones saturadas se hidrogenan para la manufactura de aceites comerciales.

El furfural se usa como solvente en extracción, para recuperar aceites secos o concentrados vitamínicos; el furfural tiene afinidad por materiales coloridos y gliceridos insaturados, y se usa cuando estos son indeseables.

Refinado de Aceites Altos.- En el proceso de pulpas de sulfato, el agua insoluble de aceites altos se recupera de los licores de extracción. Este aceite es una mezcla compleja de resina y aceites grasos; aunque es barato no ha sido refinado a escala industrial; la extracción con propano produce cortes diferentes en el contenido de insaturación y ácidos grasos, pero evidentemente la investigación y el desarrollo de tecnología son necesarios para obtener un proceso costeable, para producir productos específicos de valor.

La extracción tiene una importante parte en la recuperación de subproductos de la destilación destructiva del carbón de piedra; tales operaciones regularmente son del tipo de simple contacto-separación, similares a la operación de remover materiales ácidos con agentes alcalinos o viceversa.

C).- Características de aceite y lecitina.-

Nomenclatura. El término lecitina no se usa comúnmente para aplicarse a las fracciones solubles en alcohol de fosfátidos, sino se reserva para la clase de compuestos ahora conocidos como fosfatidilcolinas. La cefalina es sinónimo de los fosfátidos insolubles en alcohol, los cuales son una mezcla de fosfatidiletanolamina, fosfatidilserina y fosfoinosítidos y tal vez, más compuestos similares. Sin embargo, la terminología usada en la industria es llamar al residuo fosfátido obtenido en la manufactura comercial del aceite de soya, lecitina de soya o simplemente lecitina. El producto comercial contiene aproximadamente 2/3 partes de fosfátidos y una de aceite de soya.

Los fosfátidos se caracterizan por su solubilidad en éter dietílico y nafta, pero son insolubles en acetona. Esta diferencia en solubilidad permite una separación buena de fosfátidos de glicéridos, esteroides, etc. Los fosfátidos puros pueden separarse por alcohol en dos fracciones, una soluble y otro insoluble. La fracción soluble es diferente a la insoluble. Se ha visto que los fosfátidos es una mezcla compleja de lípidos fosforados.

Aceite de Soya.- En forma cruda el aceite de soya consiste de 90-95% de glicéridos de ácidos grasos, además de un considerable número de componentes saponificables (llamados componentes menores) como no sa-

ponificables, que son principales fosfatidos, ácidos grasos libres y algo de esteroides, tocoferoles, pigmentos, etc. La cantidad de componentes menores es mayor en el aceite crudo, que en el refinado, pues se eliminan los que son indeseables tales como: ácidos grasos libres, fosfatidos, pigmentos, etc. y se conservan los deseables: tocoferoles y otros antioxidantes naturales.

La composición del aceite varía con la clase de semilla, condiciones de crecimiento, maduración, métodos de procesamiento, etc. A continuación se da un promedio tomado de las características y composiciones de varias clases de semillas: (19)

	6.5 - 9.8%	ácido palmítico
9.5 - 14%		ácidos saturados
	2.4 - 5.5%	ácido esteárico
	25 - 35 %	ácido oleico
	50 - 56 %	ácido linoleico
80 - 86%	2 - 3 %	ácidos insaturados
	1.44 %	ácido linolénico
	.64 %	ácido palmitoleico
		ácido tetradecanoico
1.5 - 4%		fosfolípidos
		lecitina
		cefalina
		esfingomielina

Sigue # 44...

Características: (Ver apéndice A)

valor de ácido	0.3 - 3
valor de saponificación	184 - 195
valor de yodo	117 - 141
valor de tiocianógeno	77 - 85
valor de hidroxilo	4 - 8
valor de R - M	0.2 - 0.7
% de insaponificables	0.5 - 1.6
% de materia volátil	0.2
índice de refracción (25°C)	1.471- 1.475
viscosidad (cp)	50
valor específico	0.458- 0.490

Lecitina

Propiedades Físicas.- La lecitina comercial va del color café al amarillo claro, dependiendo si ha sido blanqueada o no. Cuando se ha refinado prácticamente es inodora y de textura blanda. En consistencia - puede variar de la forma plástica a la fluida, dependiendo del contenido de ácidos grasos libres. Es soluble en hidrocarburos alifáticos y aromáticos, incluyendo hidrocarburos halogenados. Es parcialmente soluble en alcoholes alifáticos. Como otros agentes no polares, los fosfátidos son insolubles en solventes polares como cetonas y particularmente acetona. Sin embargo, ésta disuelve los glicéridos presentes, ácidos grasos, esteroides, etc. y esta diferencia en solubilidad proporciona un método con-

veniente de separación, purificación y estimación de fosfátidos.

La lecitina de soya es soluble en aceites minerales y grasas, formando ácidos grasos, pero prácticamente insoluble en aceites vegetales y animales fríos. En caliente se mezcla y dispersa rápidamente. La lecitina plástica se convierte a lecitina comercial (lecitina fluida) aumentando el contenido de ácidos grasos; dicha licuefacción se puede completar por la acción de otros ácidos grasos, tales como ácido glicerofosfórico, fosfórico u otros ácidos minerales y casi por cualquier ácido orgánico o inorgánico insoluble en lecitina.

La lecitina es insoluble en agua, sólo se disuelven pequeñas cantidades de sus productos de descomposición y absorben sustancias tales como carbohidratos, sales de ácido glicerofosfóricos, etc. Sin embargo, un porcentaje pequeño de agua disuelve y dispersa la lecitina mezclada formando una imbibición. La lecitina forma adsorbatos o imbibiciones con solventes como alcoholes, glicoles, ésteres, cetonas, éteres, soluciones de sustancias orgánicas e inorgánicas y aun con la acetona. Mezclando la lecitina con gran cantidad de acetona se forma una imbibición por disolución, uniforme y delgada. Este fenómeno es una ventaja para introducir ciertos reactivos en contacto íntimo con lecitina para la preparación de sus derivados. Los fosfátidos de soya son inestables a condiciones atmosféricas, llegando a enranciarse, oxidarse y oscurecerse rápidamente cuando se exponen al aire. Sin embargo, en presencia de aceite de soya, como en el caso de la lecitina comercial, son estables sin necesidad de

usarse antioxidantes. A diferencia de los glicéridos la lecitina no resiste altas temperaturas. Calentando arriba de 100° C se oxida gradualmente, oscureciéndose y descomponiéndose totalmente si el período de calentamiento es largo; diluyéndola con glicéridos calientes, ácidos minerales, etc., se puede calentar durante períodos largos arriba de dicha temperatura sin sufrir una descomposición apreciable.

Mezclada con agua la lecitina de soya se hidrata fácilmente, formando una emulsión amarilla espesa. Diluyendo y agitando con agua, la emulsión puede adelgazarse hasta la dilución deseada. Usando agua caliente, ligeramente alcalina se completa más rápido la emulsificación. Puede usarse como agente emulsificante por ser de superficie activa. Las emulsiones de soya, como las usadas en textiles, pieles e industria de cosméticos, están sujetas a ataques microbianos y deben preservarse si se almacenan por largos períodos de tiempo. Para este propósito puede utilizarse cualquier preservativo común, tal como el peróxido de hidrógeno, ácido benzoico, hexametilentriamina, fluoruro de sodio, germicidas, etc. En casos especiales el poder emulsificante de la lecitina se mejora haciendo imbibiciones con alcohol o glicol, la cual se usa para emulsificar hidroxiácidos grasos que contienen glicéridos, tales como el aceite de castor, aceite de algas marinas, etc.

La lecitina es uno de los muchos agentes activos interfaciales, pero es uno de los pocos naturales y comestibles de este tipo que es soluble o dispersable en aceite. Es un buen humectante en sistemas aceito-

sos, por lo que tiene una amplia aplicación en chocolates, pinturas, tintas de imprenta, etc. Debido a la formación de endoesteres, fosfatidilcolina y fosfatidiletanolamina, no son iónicos, pero los ácidos fosfatídico, fosfatidilserina y fosfoinosítidos son ácidos relativamente fuertes y por lo tanto aniónicos. La estructura polar de varios fosfátidos dan a la lecitina de soya sus características emulsificantes y sus propiedades interfaciales. En sistemas heterogéneos las moléculas de fosfátidos se acomodan por sí solas en capas monomoleculares, con los núcleos de ácidos grasos hacia la superficie lipofílica y los núcleos de ácidos fosfóricos o amino hacia las superficies hidrofílicas. En tales arreglos las tensiones superficiales bajas en los alrededores heterogéneos causan un mojado rápido, bajan la viscosidad, dan estabilidad a la emulsificación etc.

Propiedades Químicas.- La lecitina puede saponificarse hirviéndola en soluciones alcohólicas o acuosas de bases o hidrolizarse; hirviendo con soluciones acuosas de ácidos fuertes. En el proceso de saponificación de jabones se forman sales de ácidos glicerofosfóricos y ácidos - inositolfosfóricos con liberación de varios compuestos amino y carbohidratos. Además con un calentamiento prolongado se puede descomponer hasta glicerol, inositol y ácido fosfórico.

Los grupos de ácidos grasos insaturados en la lecitina de soya pueden ser clorados y bromados rápidamente para formar el halógeno corres-

pondiente. Estos derivados son parecidos a la lecitina ordinaria en propiedades físicas y químicas pero no tienen mucha aplicación, excepto tal vez para aditivos lubricantes de alta presión. En general, la presencia de ácidos grasos en las moléculas fosfátido imparten las propiedades de aceites glicéridos a los fosfátidos; estos son susceptibles a reacciones tales como la hidrólisis, saponificación, hidrogenación, halogenación, sulfonación, ozonización, etc.

La lecitina difícilmente se sulfona por medio de agentes sulfonantes que generalmente son deshidratantes fuertes como el ácido sulfúrico y ácido clorosulfónico. Sin embargo, en presencia de aldehidos, cetonas y fenoles la lecitina se convierte en derivados sulfonados, al ser tratados con dióxido de azufre, donde los aldehidos, cetonas o fenoles son parte integral de la molécula. Estos productos se usan en textiles y la industria de pieles. Los fosfátidos sulfonados forman soluciones claras en agua y son resistentes a la precipitación por ácidos y sales.

La lecitina forma coacervatos con muchas sustancias, incluyendo carbohidratos, proteínas, alcaloides, sales, etc.

Para visualizar mejor las aplicaciones de la lecitina de soya, en base a su probable composición, de acuerdo a las condiciones presentes, se da la siguiente tabla:

Sigue # 49...

Constituyente (18)	%
Fosfatidilcolina	21
Fosfatidiletanolamina	8
Fosfoinosfíticos, lipositol	20
Fosfátidos	11
Aceite de soya	33
Esteroles, tocoferoles	2
Carbohidratos libres	<u>5</u>
T o t a l =	100

La fosfatidilcolina en esta tabla, es la clasificada como lecitina propiamente, mientras que el resto de los fosfátidos son clasificados como cefalina. La fosfatidiletanolamina es fácilmente soluble en alcohol y no se puede confundir con la cefalina que es una mezcla de fosfolípidos. Los fosfoinosfíticos están presentes como sales de álcalis y tierras alcalinas.

Las clases mencionadas son los compuestos conocidos en la lecitina de soya, aunque hay pequeñas cantidades de glicósidos, tocoferoles, biotina, materiales coloridos, sales, proteínas de ácido fosfatídico, ácido glicerofosfórico, ácido inositol fosfórico, etc. Todos estos se disuelven, absorben o coacerban con los fosfátidos.

D) Medios de separación.-

La separación de algunos componentes no glicéridos de los aceites vegetales se puede considerar como un proceso intermedio entre la extracción del aceite y su refinación. La mayor parte de estas sustancias se pueden precipitar y separar mediante el concurso de reactivos, tales como álcalis, ácidos o agua, empleándose generalmente este último cuando a la separación sigue la preparación de lecitina comercial.

Los métodos más usados para el refinado de aceites son:

- 1) Desgomización
- 2) Deacidificación por neutralización
- 3) Decolorado o blanqueado
- 4) Deodorización

De estos, el primero es el más usado en las industrias que se dedican a la fabricación de aceites comestibles o al procesamiento de aceites usados técnicamente.

La operación de desgomado es una serie de operaciones que preceden a la refinación (o que siguen a la extracción u obtención del aceite) y en la que las gomas o fosfátidos se separan antes e independientemente de la forma de eliminación de los ácidos grasos, tanto si estas gomas se destinan o no a la preparación de lecitina comercial. Por consiguiente, el -

proceso consiste, básicamente, en provocar la separación de gomas dentro de la masa de aceite por la acción de agentes, tales como: agua, vapor, ácidos, etc., aglutinar esos precipitados y separarlos por diferencia de peso específico.

El producto separado de esta forma se compone de una variada serie de fosfátidos, algunos de ellos en muy pequeñas proporciones así como - otras sustancias de naturaleza compleja o poco conocida y de algunos restos de tipo de sólido, procedentes de las semillas extractadas.

Desgomización por Arrastre con Vapor.- Este método consiste en calentar el aceite a 80° C mediante vapor vivo. Cuando el contenido total de humedad del aceite es de aproximadamente 4% se procede a la centrifugación y separación del precipitado.

Desgomización por Hidratación.- Es la forma, generalmente, más usada para separar las gomas del aceite. Los fosfátidos, proteínas y otras impurezas de tipo coloidal son solubles en aceites crudos secos, bien como soluciones verdaderas o bien en estado coloidal, pero cuando se adiciona agua a estos aceites, estas materias se hidratan y aumentan de peso, separándose de la masa de aceite en forma de coágulos fácilmente aglomerables y separables por decantación o centrifugación.

Otros Métodos de Desgomado.- Como agentes desgomantes se han propuesto, además del agua o del vapor de agua, una serie de reactivos o compuestos químicos aislados, o en acción conjunta de dos o más de ellos.

El fin que se persigue con estos reactivos especiales es siempre obtener un desgomado más a fondo que el que se consigue por el simple tratamiento por agua. También en algunos casos concretos se intenta producir una neutralización parcial o definitiva de los aceites o procurar una purificación que haga innecesaria esta etapa de neutralización.

Pocas veces, por no decir casi nunca, las gomas precipitadas mediante reactivos especiales se utilizan para la fabricación de lecitina comercial. El desgomado es aquí, más una etapa de refinación, que de acabado de aceite procedente de extracción.

1.- Empleo de Alcalis.- El empleo de álcalis como agentes desgomantes presupone ya el deseo de producir, al menos, una neutralización parcial del aceite. Desde el punto de vista de la preparación de lecitina no son en principio recomendables, dado que estos reactivos originan efectos secundarios de purificación del aceite, de los que los productos obtenidos acompañan a las gomas cuando éstas se separan por centrifugación.

2.- Empleo de Acidos.- * Acido fosfórico. Es el reactivo más empleado como agente desgomante en los procesos de refinación cuando esta

etapa precede a la adición de la base de neutralización, sin separación de gomias independientemente de los jabones.

Se suele adicionar en forma de solución concentrada (aproximadamente 85%), y su porcentaje, en relación al peso de aceite, no suele exceder de 0.1%. Su acción coagulante y precipitante de las gomias es más pronunciada que la del agua, pero debido a su acción química, no se suele emplear si no va seguido de la adición de un agente neutralizante antes de la centrifugación.

* Acido nítrico.- Empleando soluciones diluidas de ácido nítrico (5%) a temperatura ambiente, se ha comprobado que un 0.5 - 20% del fósforo original permanece en el aceite extractado por disolvente, mientras que, para el obtenido por prensado este porcentaje es de 2%.

Se han propuesto otro tipo de ácidos como el sulfúrico, clorhídrico, etc.

Influencia de los Fosfátidos Sobre la Calidad del Aceite Refinado.

La presencia de fosfátidos en un aceite puede originar, directa o indirectamente, efectos más o menos notables, que muchas veces no están nada claros.

Como agentes emulsificantes, favorecen directamente la formación

de espuma, lo cual no es de desear en aceites refinados. Al mismo tiempo, al hacer más estable la solución de aire favorecen el contacto del oxígeno con el aceite y la absorción de humedad, con lo que se aumenta la actividad microorgánica, tendiendo a descomponerse fácilmente.

V.- METODOS Y MATERIALES

El presente trabajo se inició con el extractor centrífugo Podbielniak en condiciones totalmente desfavorables. Dado lo anterior se principió por localizar lo referente a su funcionamiento y construcción siendo este uno de los aspectos que mayor dificultad presentó, pues casi no hay temas escritos con respecto a él y lo que se menciona en libros especializados o revistas no dilucidaba en sí su principio de funcionamiento.

Con la poca información que se pudo recabar se constató la validez de dicho equipo y a partir de aquí se inició la etapa de acondicionamiento práctico. Se revisaron las partes de que constaba, que fin tenían, cuáles faltaban; de estas últimas cuáles se podían adquirir, de cuáles prescindir, cuáles fabricar en base a los medios con que contábamos, que económicamente eran muy pocos y manualmente cuál era el equipo con que disponíamos en el laboratorio de Ingeniería Química.

La segunda etapa la constituye la instrumentación; ésta presentó dificultades ya que el principal obstáculo era el alto costo de los instrumentos requeridos, pues el equipo se quería usar para alimentos y debe, por tanto, usarse acero inoxidable en las partes en contacto con el líquido.

Se pudo solucionar en parte esta etapa gracias a la ayuda recibida en forma de donaciones de algunos de los instrumentos que eran necesarios.

Sin embargo, para poder llevar a cabo todas las determinaciones que hubieran hecho el trabajo más completo aún faltaron otro tipo de instrumentos.

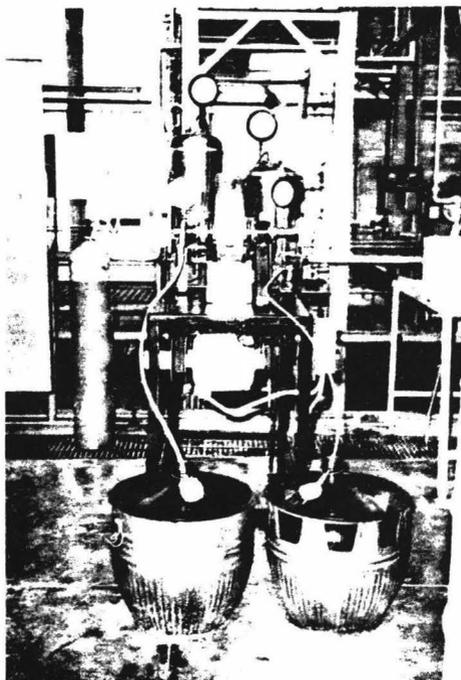
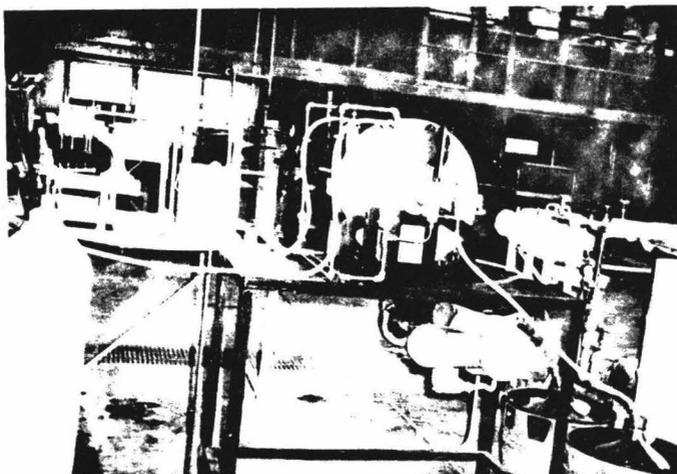
El rotor se mandó revisar como medida de seguridad y para corregir las fugas internas que tenía. Se revisaron todos los empaques y se hicieron los que no estaban en condiciones para operar. Se diseñó y construyó una mesa adecuada para fijar el rotor y el motor.

La etapa siguiente fue hacer las conexiones donde surgieron otra serie de problemas, ya que todas las entradas y salidas de la máquina son de 1/8 in., de diámetro, las cuales en el mercado son difíciles de conseguir y la mayoría no existen por ser de acero inoxidable. Además, algunas de las partes por no ser estándar o no ser de uso común no eran conocidas, así todas las partes faltantes fueron hechas en el torno y las que presentaban dificultad en su elaboración se suplieron por otras que también se hicieron.

La tubería que debió usarse era tubbing pero debido a que estaba agotada en el mercado, se utilizó manguera para alta presión que se fijó a las conexiones con abarazaderas.

Estando todo conectado se hicieron pruebas con agua para comprobar la resistencia de las conexiones y eliminar las fugas.

Teniendo todo preparado y en condiciones favorables se llevaron a cabo las pruebas con el aceite y con el solvente, obteniéndose las conclusiones que se tratarán en el siguiente capítulo.



VISTAS DEL EXTRACTOR EN CONDICIONES
DE FUNCIONAMIENTO

A).- Diseño del experimento.-

De acuerdo a las condiciones bajo las cuales se trabajó, el diseño del experimento no pudo hacerse lo completo que se deseaba, únicamente se hicieron pruebas para ver el funcionamiento del aparato pero no se pudieron determinar una serie de variables que es importante conocer del aparato, como el número de etapas, las condiciones óptimas a las cuales se puede trabajar, etc.

Considerando las propiedades del aceite se seleccionó el alcohol etílico como solvente por parecer el más indicado según pruebas reportadas en la literatura.

Las características principales del aceite que se usó son las siguientes:

valor de ácido	2
valor de saponificación	184
valor de yodo	137
valor de tiocianógeno	79
viscosidad (cp)	49

(Estos datos nos fueron proporcionados en la industria que donó el aceite)

Modo de Operación del Extractor.- El aceite y el alcohol se colocan en sus respectivos tanques; los tapones de llenado se aprietan y se aplica presión a ambos tanques por medio de un regulador conectado a un cilindro de nitrógeno comprimido. Para el sistema usado ambos tanques se tuvieron a 5 kg. ya que sólo se contaba con un regulador. Se abre la válvula de líquido pesado con el propósito de desplazar el aire de la cámara y los sellos. Cuando el rotor está lleno, el motor se lleva a la velocidad más baja y se pone en funcionamiento. Se abre la válvula del líquido ligero y la velocidad de rotación se incrementa hasta el valor deseado por medio del ajusta manual. La velocidad se mide con un tacómetro Frahm. Cuando se alcanza la velocidad de operación deseada se ajusta el regulador de contrapresión hasta que el manómetro colocado en la salida del líquido ligero da la presión a la cual se quiere trabajar.

Al termino de cada corrida se cierra primero la alimentación de aceite. El disolvente debe seguir fluyendo con el objeto de remover el aceite que queda en los sellos y en el rotor. A continuación la velocidad de rotación se reduce al mínimo y el motor se para. Cuando el motor deja de girar se cierra la llave del disolvente y se retira el nitrógeno de los tanques.

En cada corrida las variables que se manejaron fueron, la velocidad del motor y la relación del líquido pesado a flujo de líquido ligero.

B).- Estimación del contenido de fosfátidos de un aceite. (22)

El ensayo más comúnmente empleado para determinar la calidad del desgomado de un aceite es el método Gardner modificado de la AOCS (Break Test), que básicamente consiste en lo siguiente:

Se homogeneiza la mezcla, calentándola durante 5 minutos a 75°C. Se pesan 25 g. y se le añade tres gotas de HCL, agitando bien para facilitar la mezcla. Se coloca un termómetro de forma que el bulbo esté en el centro del líquido sin tocar las paredes y se calienta hasta 289° C sin agitar y a una velocidad aproximada de 75/80° C por minuto. Se enfría y se añaden 50 ml de CCl₄, agitando para disolver el aceite. Se deja reposar una hora agitando cada 15 minutos. Se filtra en crisol con no menos de cinco porciones de tetracloruro de carbono, quitando el vacío al final de cada lavado para asegurar total eliminación del aceite. A continuación se seca el crisol a 105° C hasta peso constante.

$$\text{Rotura (break) \%} = \text{peso del residuo} \times 4$$

El contenido de fosfátido correspondiente al precipitado obtenido en este ensayo suele ser de aproximadamente el doble del valor de rotura obtenido.

Dado que el fósforo entra siempre en la composición de los fosfátidos, la determinación de este elemento en los aceites refinados permite estimar el porcentaje residual de aquéllos. La mayoría de los aceites ve-

getales bien refinados presentan un contenido en fósforo comprendido entre 0.00005 y 0.0001 %, que equivale a un 0.002 a 0.004% de fosfátidos.

Sin embargo, es arriesgado establecer relaciones directas entre porcentaje de fósforo y porcentaje de fosfátidos cuando no existe absoluta certeza sobre la fuente de origen del fósforo presente, ya que puede ser distinta de los fosfátidos, además de que el peso molecular de éstos es prácticamente imposible de averiguar.

Para deducir el contenido en fosfátidos de un extracto graso o un aceite a partir del contenido en fósforo, hace falta un factor de conversión lo que exige el conocimiento previo del contenido en fósforo de los fosfátidos. Esto, dado la complejidad de las mezclas de estas sustancias, es prácticamente imposible. No obstante, cuando en una grasa o aceite no existen compuestos que contengan fósforo, el contenido de éste es una indicación directa de la cantidad de fosfátidos presente.

Varios factores de conversión han sido propuestos, deducidos por experimentación y siempre empleando suposiciones y simplificaciones según el método empleado. En el aceite de soya parece acertado emplear un factor de 30.

VI.- RESULTADOS Y DISCUSION

Las pruebas hechas y los resultados obtenidos se dan en la siguiente tabla:

TABLA II

Relación LP/LL	% fosfátidos	
2:1	0.0115	
1:1	0.0080	Velocidad
1:2	0.0072	960 rpm
2:1	0.0097	
1:1	0.0058	Velocidad
1:2	0.0040	1 024 rpm
2:1	0.0085	
1:1	0.0030	Velocidad
1:2	0.0032	1 090 rpm
2:1	0.0080	
1:1	0.0030	Velocidad
1:2	0.0027	1 198 rpm

Los aceites vegetales bien refinados tienen de 0.002 a 0.004% de fosfátidos.

Los resultados son un promedio de dos corridas por cada velocidad. El % de fosfátidos en el aceite crudo es 1.9.

Según se puede apreciar en la Tabla II y en las figuras (8) y (9) a una relación menor de aceite/alcohol la eficiencia de la extracción aumenta lográndose en las condiciones que se trabajó hasta un 0.0027% de fosfátidos en el refinado.

También se puede observar claramente que este aumento de eficiencia es proporcional al aumento de velocidad de rotación.

No fue la intención de este trabajo el optimizar las variables utilizadas. Sin embargo, vale la pena señalar en lo que se refiere a la velocidad (fig. 8) que el óptimo debe estar muy cercano a las 2,000 rpm.

Los datos reportados a la velocidad de 1,090 rpm muestran una pequeña desviación a lo esperado. Desgraciadamente no fue posible hacer más corridas para aclarar este punto por falta de materia prima.

fig. 8

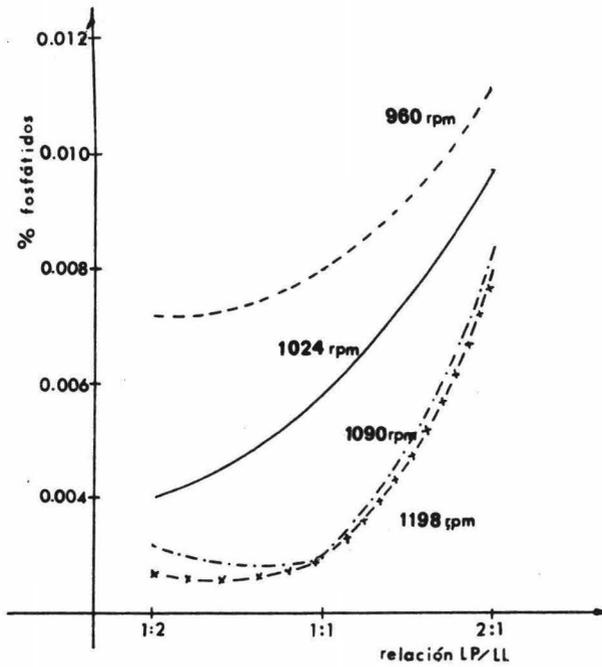
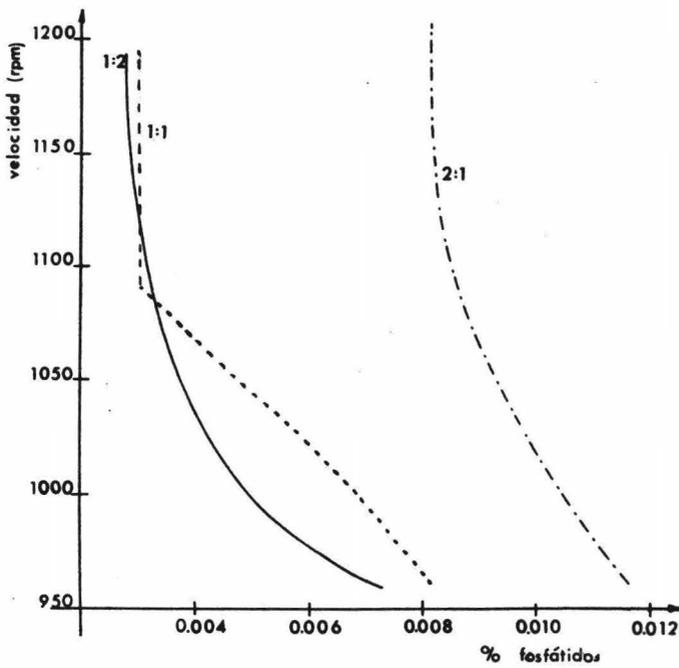


fig. 9



VII.- CONCLUSIONES

Las conclusiones de este trabajo pueden resumirse en los siguientes puntos:

- 1.- El acondicionamiento del extractor centrífugo Podbielniak se llevó a la etapa mínima de funcionalidad; no obstante una instrumentación más adecuada conducirá a lograr trabajos de investigación básica.
- 2.- El sistema probado sirve como punto de partida a nuevas investigaciones sobre el desgomado de aceites naturales.
- 3.- Para sistemas en que se tenga características del tipo de curvas de solubilidad, (para sistemas ternarios, diagramas triangulares) curvas de equilibrio, etc., el trabajo experimental se reducirá considerablemente.

NOTACION

- V_T = volumen del extractor, cc.
 V_R = volumen del rotor, cc.
 V_S = volumen de líneas y sellos, cc.
 V_P = volumen de líquido pesado, cc.
 V_L = volumen de líquido ligero, cc.
 V_{RP} = volumen de líquido pesado en el rotor, cc.
 V_{RL} = volumen de líquido ligero en el rotor, cc.
 V_{SP} = volumen de líquido pesado en las líneas y sellos, cc.
 V_{SL} = volumen de líquido ligero en las líneas y sellos, cc.
 P_{LI} = presión de entrada de líquido ligero, psig.
 P_{LO} = presión de salida de líquido ligero, psig.
= diferencia de densidades entre las dos fases, g/cc.
 w = velocidad del rotor, rev/min.
 r = radio del rotor, in.
 b = anchura del rotor, in.
 g_c = constante gravitacional
 N = número de etapas teóricas
 m = pendiente de la línea de equilibrio
 a = pendiente de la línea de operación
 y_2 = concentración de la alimentación, g/litro.
 x_1 = concentración del solvente, g/litro.
 y_1 = concentración del refinado, g/litro.
 x_2 = concentración del extracto, g/litro.

APENDICE A

* Valor de Yodo (**23**). Se define como el número de gramos de yodo absorbidos por 100 g. de un aceite. Esto indica la cantidad de insaturación de una grasa o aceite, pero no da nada concerniente a los arreglos de los enlaces insaturados.

* Valor de Tiocianógeno (**24**). En también una medida de la insaturación de grasas y aceites.

Ambos valores se usan para estimar la composición porcentual de aceites y mezclas de ácidos grasos.

* Valor de Acido (**25**). Indica la cantidad de ácidos grasos libres que hay en el aceite. Se define como el número de miligramos de sosa o hidróxido de sodio necesaria para neutralizar los ácidos grasos libres en un gramo de grasa o aceite.

* Valor R-M (**26**) (Reichert-Maissl). Esta definido como el número de mililitros de una solución de NaOH 0.1N requerida para reutralizar los ácidos grasos solubles en agua obtenidos en la saponificación de 5 g. de grasas o ácidos.

* Valor de Saponificación (**27**). Número de miligramos de KOH requeridos para saponificar 1g. de grasa o aceite.

* Valor de Hidróxilo (28). Número de miligramos equivalentes al hidróxilo contenido en un gramo de muestra de aceite.

REFERENCIAS

- 1.- Barson N. and G. H. Beyer
Chem. Eng. Progr. 49, 243 (1953)
- 2.- Bartels C.R. and G. Kleiman
Solvent Fractionation with Immiscible Solvents
Ibid 45 No. 9, 589 (1949)
- 3.- Colburn A.P. and R.L. Pigford
Section 8 of Chemical Enginners' Handbook
3a. ed. J.H. Perry Ed Mc. Graw Hill Book Co.
New York 1954 pp. 554
- 4.- Coutor C.
U.S. Patent 2,036,924 (Apr. 7, 1936)
- 5.- Eisenlohr H.
Ind. Chemist 27, 271 (1951)
- 6.- Jacobsen, F.M. and G.H. Beyer
Operating Characteristics of a Centrifugal Extractor
AIChE Journal 2 No. 3, 283-289 (Sept. 1956)
- 7.- Morello V.S. and Poffenberg. N.
Ind. Eng. Chem. 42, 1021-1036 (1950)
- 8.- Perry, J.H.
Chemical Enginners' Handbook
3a. ed. Mc Graw Hill New York 1950
- 9.- Podbielniak
U.S. Patent 2,044,996 (June 23, 1935)
- 10.- Podbielniak, W.J.
U.s. Patent 2,153,640 (Apr 11, 1938)
- *11.- R.L. Von Berg and H.F. Wiegandt
Liquid-liquid extraction
Chem. Eng. 59, No. 16, 189-200 (1952)
- 12.- Sherwood T.K. and Pigford R.L.
Absortion and extraction
2a. ed. Mc Graw Hill New York 1952
- 13.- Treybal, R.E.
Ind. Eng. Chem. 44, 53-63 (1952)
- 14.- Treybal, R.E.
Liquid Extraction
Mc Graw Hill New York 1951

- 15.- Andersen
Refining of oils and fats for edible purposes
Pergamon Press London 1953 pp. 28-37
- 16.- Eckey
Vegetables, fats and oils
Reinhold Publishing Co. New York 1954
- 17.- Jamiensen
Vegetables, fats and oils
Reinhold Publishing 1943
- 18.- Jefferson, M.E.
Physical Properties of Soybean Oil
En Soybeans and Soybean Products
Ed. Markley, K.S. Vol I
Interscience Publishers New York 1950-1951 pp. 262
- 19.- Lajara, J.
Desgomado de aceites vegetales
Información sobre grasas y aceites (Argentina)
8, No. 1 17-30 (1970)
8, No. 2, 3; 36-48 (1970)
- 20.- National Soybean Processors Association
Handbook of Analytical Methods for Soybean and
Soybean Products
National Soybean Association Chicago 1946 pp. 33-40
- 21.- Nielsen, K.
The composition of difficulty extractable soybean phosphatides
J. Am. Che. Soc. 37, 217 (1960)
- 22.- Official and Tentative Methods of the American Oil Chemists' Society
3a ed. Ca 10-40 Corrected may. 1949
- 23.- Ibid Cd 1-25 Wijs Method
- 24.- Ibid Cd 3a.-63
- 25.- Ibid Cd 5-40 Revised 1953
- 26.- Ibid Cd 3-25
- 27.- Ibid Cd 4-40 Corrected March 1948

INDICE ANALITICO

	Pag.
I.- OBJETIVOS _____	2
II.- GENERALIDADES _____	3
A).- Equipos de extracción líquido-líquido _____	3
Como se selecciona el equipo _____	3
Necesidades de turbulencia _____	4
Propiedades importantes _____	4
Datos de diseño _____	5
Bases para los datos de capacidad _____	5
Bases para los datos de eficiencia _____	6
Etapas teóricas _____	7
Método diferencial _____	8
H.E.T.S. vs. H.T.U. _____	8
Mezcladores-asentadores _____	9
Diseño de mezcladores _____	9
Diseño del separador _____	10
Columnas empacadas _____	11
Eficiencia de la columna _____	11
Columnas espreadoras _____	11
Diseño de la columna _____	12
Columnas de platos perforados _____	12
Cascada Koch _____	13
Columnas Baffle _____	13
Extractores pulsantes _____	14
Columna York-Schiebel _____	14
Extractor Luwesta _____	16
B).- Análisis de los procesos de extracción líquido-líquido _____	18
Tipos de sistemas _____	18
Diagramas triangulares _____	19
Estudio de las líneas de unión _____	21
Sistemas complejos _____	21

	Pag.
III.- EXTRACTOR CENTRIFUGO PODBIELNIAK _____	22
A).- Antecedentes _____	22
B).- Características principales _____	23
Descripción del equipo _____	23
Diagrama _____	25
C).- Funcionamiento mecánico _____	25
Principio bajo el cual opera _____	25
Interfases _____	26
Volumen del líquido _____	28
Presiones _____	28
Análisis de la ecuación _____	29
Determinación del número de etapas _____	31
Datos de diseño. Operación física _____	32
Importancia _____	35
IV.- EXTRACCION DE LECITINA DE ACEITE DE SOYA _____	38
A).- Antecedentes _____	38
B).- Extracción de aceites vegetales y animales _____	40
Proceso Solexol _____	40
Decolorización _____	40
Refinado de aceites altos _____	41
C).- Características del aceite y lecitina _____	42
Nomenclatura _____	42
Aceite de soya _____	42
Lecitina. Propiedades físicas _____	44
Propiedades químicas _____	47
D).- Medios de separación _____	50
Desgomización por arrastre con vapor _____	51
Desgomización por hidratación _____	51
Otros métodos de desgomado _____	52
Influencia de los fosfátidos sobre la cantidad del aceite refinado _____	53
V.- METODOS Y MATERIALES _____	55
A).- Diseño del experimento _____	58
B).- Estimación del contenido de fosfátidos _____	60

	Pag.
VI.- RESULTADOS Y DISCUSION _____	62
VII.- CONCLUSIONES _____	65
i.- NOTACION _____	i
ii.- APENDICE A _____	ii
iii.- REFERENCIAS _____	iii