

FACULTAD DE QUIMICA

UNAM

ESTUDIO PARA ABSORBER UN AUMENTO EN LA
PRODUCCION SIN ALTERAR LAS INSTALACIONES ACTUALES
EN EL AREA DE FILTRACION DE UNA PLANTA CERVECERA

T E S I S

Que para obtener el título de:

INGENIERO QUIMICO

P r e s e n t a n :

México, D. F. 1973

ANTONIO LONA TAVARES
VICTOR S. MACOUZET OCAMPO

M-165586



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.

I N D I C E

	Pág.
INTRODUCCION	1
CAPITULO I CLARIFICACION DE LA CERVEZA	2
Métodos de clarificación de cerveza.	3
Comparación de los diferentes métodos de clarificación de cerveza.	7
Riesgos que se presentan durante la clarificación de la cerveza.	9
Filtración con filtro-ayuda.	11
CAPITULO II CONSIDERACIONES PARA EL AUMENTO DE EFICIENCIA	23
Condiciones actuales.	23
Necesidades futuras.	27
Análisis de las variables.	28
CAPITULO III EXPERIMENTACION	31
Fundamento	31
Equipo de prueba.	32

	Pág.
Técnica de operación.	36
Datos obtenidos escala laboratorio.	47
Datos obtenidos escala Industrial.	66
CAPITULO IV COSTOS	68
Condiciones actuales de operación.	68
Condiciones propuestas de operación.	73
CAPITULO V CONCLUSIONES	77
BIBLIOGRAFIA	79

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

El presente trabajo fue realizado con la finalidad de determinar si era posible mediante un aumento en la eficiencia de la filtración, absorber un aumento de producción en una planta cervecera sin alterar las instalaciones existentes en el área de filtración.

Para el caso se efectuaron pruebas experimentales a escala de laboratorio y se determinó el grado y dosificación de filtro-ayuda óptimos en esta filtración.

Una vez conocido el grado y la dosificación óptimos se procedió a hacer pruebas a escala Industrial con objeto de determinar con mayor exactitud el incremento en la producción, usando para estas pruebas el mismo ciclo de operación.

C A P I T U L O I

CLARIFICACION DE LA CERVEZA

La cerveza se define como la bebida obtenida por medio de una --
fermentación alcohólica de un extracto acuoso de cereales germinados con --
la adición de lúpulo.

La cerveza se distingue del vino por su bajo contenido alcohólico y por su alto grado de extracto no fermentescible. Se distingue de otras bebidas por su espuma persistente, la cual se forma por el desprendimiento del gas carbónico que contiene; esta espuma ayuda a la retención de las --
proteínas solubles y ácidos del lúpulo presentes.

Después de la maduración, la cerveza procesada ha adquirido las--
cualidades organolépticas deseables, pero aún presenta una intensa turbidez, por lo que la materia causante de dicha turbidez debe ser removida --
para evitar reacciones posteriores que alteren el sabor característico de la cerveza y obtener un producto brillante que satisfaga la vista del consumidor.

En la producción de cerveza de alta calidad se requieren tres --
cualidades esenciales:

Claridad

Sanidad Biologica

Estabilidad coloidal

Un alto grado de claridad en la cerveza es uno de los propósitos principales de los cerveceros al elaborar este producto. A través de los años se ha enfocado en este punto por numerosas razones, principalmente hacia la obtención de una cerveza más ligera y de color más claro y brillante. Esto se logra por la remoción de ciertas partículas que la cerveza contiene en abundancia como son; proteínas de alto peso molecular que se encuentran presentes como complejos Tanino-Proteína, gomas, minerales que son absorbidos por dichas partículas, cristales de oxalato de calcio etc., además es necesario remover levaduras y bacterias que contiene en abundancia ya que estas afectan la estabilidad biológica del producto.

METODOS DE CLARIFICACION DE CERVEZA

En la Industria cervecera se utilizan cuatro técnicas de clarificación:

- 1) Filtro de pulpa
- 2) Filtro de placas y marcos
- 3) Centrifugación
- 4) Filtro de tierra diatomea

- 1) Filtro de pulpa

Este método de clarificación es el más antiguo usado en cerveceras.

Su fundamento se basa en utilizar pulpa como medio filtrante soportada por membranas rígidas de bronce. La cerveza pasa a través de la torta de filtro, se filtra y sale por un canal de descarga.

La pulpa que se utiliza como medio filtrante esta formada por fibras de celulosa mezclada con 1% de fibras de asbestos.

Este método actualmente ha declinado de importancia principalmente por el alto costo de mano de obra requerida para manejar la pulpa en su lavado y esterilización.

2) Filtro de placas y marcos

El fundamento de este método es la utilización de placas fabricadas de celulosa y asbestos como medios filtrantes. Estas placas estan fijadas a unos marcos con canales laterales por donde fluye la cerveza.

Estas placas poseen un poder de adsorción bastante grande por lo que se logra que las bacterias y levaduras queden atrapadas en las placas y así se logra además de una buena clarificación, una esterilización en frío.

Este tipo de clarificación es muy económico en mano de obra ya que una vez armado no es necesario abrirlo hasta que se necesiten cambiar las placas, esto sucede generalmente después de que cae a un nivel impráctico de clarificado, dependiendo de las condiciones y de la cantidad de materia en suspensión que contenga la cerveza.

Para obtener un buen rendimiento con este tipo de filtro es aconsejable efectuar antes una prefiltración, ya sea con un filtro de pulpa, - centrifugación o filtro de diatomea para así lograr una clarificación y -- esterilización deseable.

Por esta razón este filtro se utiliza generalmente como abrillanador de cervezas prefiltradas con un rendimiento muy aceptable.

3) Centrifugación

El fundamento de este método es aprovechar la fuerza centrífuga para separar los sólidos en suspensión que se encuentran en la cerveza. La centrífuga de cerveza esta formada por unos discos cónicos en los cuales - se separa el líquido de los sólidos a una velocidad de 7000 RPM.

El líquido entra a través de la base del tazón, moviéndose hacia la periferia, penetra al borde del disco pasando entre ellos en su camino hacia el colector de sólidos, emergiendo debidamente clarificada.

Las partículas suspendidas son arrojadas hacia el borde del tazón de donde se descargan periódicamente, ya sea abriendo el tazón o mediante una operación automática.

La clarificación por este método tiene importantes ventajas como son:

- a) Remueve la levadura y algunas bacterias fácilmente.
- b) Las pérdidas de cerveza son mínimas debido a que el volumen del tazón es pequeño.

Sus desventajas son:

- a) Bajo rendimiento
- b) Existe un ligero incremento en la temperatura de la cerveza durante la operación (hasta de 3.5 °C) con lo cual el complejo tanino-proteína puede disolverse y precipitar éste cuando la cerveza sea pasteurizada.

4) Filtro de tierra de diatomea

La tierra de diatomea es posiblemente el tipo más viejo de filtro-ayuda actualmente en uso, ya que se puede obtener el grado adecuado de clarificación, ya sea en un paso o en combinación con un filtro de placas.

El lecho típico de tierra de diatomea es soportado por una malla de acero inoxidable o por anillos espaciados descansando sobre un soporte. El primer paso es la formación de una precapa. El volumen restante del espacio de torta se rellena para prevenir taponamientos, esto se hace por la dosificación dentro de la cerveza de un grado adecuado de filtro-ayuda.

La clarificación se debe a efectos de superficie, la cual es parecida a atrapar partículas en una red o malla, la intensidad de estos efectos es debido a las partículas que quedan atrapadas en la superficie del lecho (de acuerdo con los caminos seguidos entre los diferentes tamaños de partículas) y a los efectos de adsorción los cuales se deben a la interacción de las cargas de las partículas.

Con el paso del líquido a través del lecho la presión se incrementa y ésta tiende progresivamente a comprimir el lecho a un valor máximo junto al soporte. La porosidad entonces decrece a un mínimo cerca del soporte y este efecto depende de la naturaleza de la fuerza usada, con el incremento en el espesor de la torta la presión a través de la torta se incrementa mientras tanto el máximo de porosidad decrece a un punto donde la velocidad de filtración cae a un nivel impráctico. La torta comprimida debe removerse mecánicamente con chorros de agua directa o por retrolavado.

COMPARACION DE LOS DIFERENTES METODOS DE CLARIFICACION DE CERVEZA

Habiendo descrito los diferentes métodos de clarificación de cerveza, el problema está en cual método en particular debe utilizarse.

La calidad de la cerveza filtrada, la eficiencia de la filtración el costo de operación y las condiciones de trabajo para cada cerveceria deben ser consideradas para hacer esta selección.

1) El filtro de pulpa da una cerveza brillante con buena estabilidad coloidal, pero su esterilidad es difícil de obtener.

La eficiencia del filtro de pulpa es buena para cervezas las cuales han sido clarificadas en el tanque, pero pobre en caso de cerveza turbia. La filtración por pulpa es el método más costoso por la mano de obra requerida.

2) La filtración por placas y marcos da una cerveza perfectamente brillante y estéril con buena estabilidad coloidal, la eficiencia es --razonablemente buena solamente con cervezas que han sido prefiltradas, los costos son moderados y las pérdidas son bajas.

3) La centrifugación generalmente no da una cerveza brillante, su estabilidad biológica es buena, sin embargo la cerveza es sensible a la turbidez coloidal, la eficiencia es baja aún en cervezas que han sido clarificadas en el tanque. La centrifugación es el método menos costoso de clarificar cerveza, porque se requiere pocas labores, no hay costos por material filtrante y las pérdidas son nulas. En la mayoría de los casos se requiere un abrillantado mediante un filtro de placas y marcos.

4) La filtración a través de tierra de diatomea da una cerveza muy brillante, la estabilidad coloidal y biológica del filtrado es menor -- que a través de pulpa, su eficiencia es excelente aun en cervezas las cuales no han sido clarificadas en el tanque. A pesar del precio de la tierra de diatomea el costo es más bajo que el de filtración por pulpa y las pérdidas son despreciables. La filtración por tierra de diatomea es preferentemente usada para una filtración previa o prefiltración.

Por lo tanto la mayoría de las cerveceras prefieren utilizar filtración con tierra de diatomea seguida por un abrillantado con filtro de -- placas y marcos, de esta manera reducen el costo del trabajo al mínimo y -- garantizan una excelente filtración.

RIESGOS QUE SE PRESENTAN DURANTE LA CLARIFICACION DE LA CERVEZA

Los principales riesgos que se presentan son los siguientes:

1) Pérdidas de gas carbónico

Pueden ser debidas a una elevación de temperatura, demasiada agitación durante el trasiego y la filtración, fugas en el equipo y conexiones. Para evitar esto durante la filtración y el trasiego debe mantenerse una contrapresión de gas carbónico. Debido a que la cerveza esta completamente saturada de gas cuando abandona el tanque, las botellas y barriles - deben llenarse bajo la misma presión con la que se maneja la cerveza. Como la solubilidad del CO_2 se aumenta cuando disminuye la temperatura de la cerveza, la filtración debe llevarse en salas frías y las tuberías de cerveza deben estar cubiertas con material aislante. Para evitar agitación - durante la filtración y el trasiego las líneas de paso de la cerveza deben estar libres de obstrucciones y ángulos para lograr un flujo sin turbulencias.

2) Peligros de oxidación

La oxidación imparte mal sabor y estabilidad a la cerveza ésta - adquiere un desagradable sabor astringente y está propensa a que se provoque una floculación prematura de la levadura causando consecuentemente una turbidez coloidal.

La cerveza en el tanque esta normalmente en un estado reducido de fermentación. En estas condiciones casi la totalidad del oxigeno ha desaparecido. Si se permitiera el paso del oxigeno a la cerveza, las resinas

de lúpulo y los taninos serían reoxidados y el sabor de la cerveza se volvería amargo.

Los taninos en el complejo tanino-proteína presentes en la cerveza se oxidarían con el resultado de que se provocaría una turbidez prema--tura. Además el cultivo de la levadura es significativamente acelerado a causa del oxígeno, causando una intensa reproducción en la cerveza.

Deben tenerse muchas precauciones, por lo tanto, para evitar di--solver aire en la cerveza. Durante el trasiego debe mantenerse todo el --equipo hermético evitando el contacto de la cerveza con el aire.

3) Riesgos de infecciones

Los riesgos de infecciones son muy peligrosos y difíciles de evi--tar por dos razones:

a) El filtro y las bombas de trasiego son piezas complicadas de ma--quinaria y su mantenimiento y esterilidad son difíciles de obtener.

b) Cualquier infección de la cerveza en esta etapa puede ser por bacterias las cuales se han adaptado a la cerveza reproduciéndose fácil y rápidamente.

Normalmente el número de células de levadura en una buena cerveza--filtrada debe ser nula o prácticamente nula, pero hay ocasiones en que debi--do a un mal ajuste del filtro pasan a través de la torta en cantidades por ejemplo de 50 a 100 células de levadura por mililitro que son suficientes --para que la cerveza adquiera turbidez y además sabor a levadura.

Las bacterias en la cerveza ocasionan también turbidez por los subproductos que elaboran al reproducirse así como sabores desagradables a manzanas podridas, vinagre y a diacetilo.

4) Riesgos por usar tortas con demasiado poder de adsorción

Este es uno de los factores que se deben tener mas controlados; se debe de asegurar tener los porcentos y concentraciones adecuadas de filtro-ayuda ya que si se tiene una torta con alto poder de adsorción ésta podría adsorber substancias deseables de la cerveza (como son ácidos del lúpulo) así como compuestos colorantes que podrían perjudicar el sabor y - cualidades naturales de ésta.

Si se usan asbestos en medios filtrantes nunca se deben usar a un concentración mayor de 40% que es cuando podrían adsorber material deseable de la cerveza.

Todos estos aspectos deben de cuidarse en extremo durante la filtración y el trasiego.

GENERALIDADES SOBRE FILTRACION EMPLEANDO FILTRO - AYUDAS

La filtración se define como la eliminación de partículas sólidas de un fluído mediante el paso del mismo a través de una membrana permeable, sobre la cual se depositan los sólidos.

Las filtraciones industriales varían desde un colado simple, hasta operaciones altamente complejas. El fluído puede ser un líquido o un gas, las partículas sólidas pueden reunir las más variadas condiciones: --

gruesas o finas, rígidas o plásticas, redondas o alargadas. La suspensión puede ser concentrada o diluida. La filtración puede llevarse a cabo en caliente o en frío, a vacío o a presión.

El valor relativo de las fases hace un poco más compleja esta -- operación. Algunas veces la fase fluido es la fase valorable, otras la -- sólida, a veces ambas. En algunos la separación virtual de las dos fases -- debe ser completa en otros tan sólo se desea una separación parcial.

La mayoría de los filtros industriales son a presión o a vacío, -- pudiendo ser continuos o discontinuos, dependiendo de si la descarga de só -- lidos es permanente o intermitente. En un filtro discontinuo por lo gene-- ral el flujo del líquido es continuo, pero hay que pararlo periódicamente -- para eliminar los sólidos acumulados; mientras que en uno continuo no. Los -- filtros a presión, debido a la dificultad de eliminar los sólidos a una -- presión mayor que la atmosférica, son por lo general discontinuos, mien--- tras que los filtros a vacío lo son continuos. Las presiones arriba de la -- atmosférica se pueden aprovechar, involucrando la fuerza de gravedad que -- actúa sobre una columna de un líquido, por una bomba, o por fuerza centri-- fuga.

Los filtros por gravedad usan un medio filtrante que es no más fi-- no que una malla gruesa, o una cama de partículas gruesas como arena. Por-- lo tanto están restringidos en sus aplicaciones industriales al tratamiento -- de licores de cristales muy gruesos y clarificación de aguas.

Para eliminar los sólidos en suspensión en un licor de proceso, es-- por lo general más eficiente usar un filtro-ayuda. Estos productos se pue-- den usar de distintas maneras, algunas de ellas son:

1. Como un aditivo a la suspensión para cambiar su filtrabilidad.
2. Como una precapa o película fina sobre una tela de filtro, para formar una membrana de separación más eficiente, o sea como barrera al paso de sólidos.

3. Como una película espesa sobre una tela de filtro o tamiz, sobre un tambor rotatorio, el cual es afeitado conforme se cubre de sólidos.

4. Como una precubierta espesa a través de la cual pasan los sólidos lentamente formando una cubierta fina sobre la superficie del tamiz o membrana separadora.

El objetivo al emplear un filtro-ayuda es obtener flujos máximos, alcanzando al mismo tiempo el grado deseado de clarificación, asegurando - al mismo tiempo un consumo mínimo del mismo.

Para cumplir adecuadamente con estos objetivos, los filtro-ayudas deben tener las propiedades siguientes:

- 1) Debe formar una torta muy porosa y permeable, la permeabilidad no tiene nada que ver con el tamaño de los poros. Permeabilidad es el recíproco de la resistencia al flujo; no debe confundirse con porosidad, -- que significa el porcentaje de la torta formada de poros. Un buen filtro-ayuda forma tortas que tienen 85-90% de poros y debido a su forma física - deja espacios grandes entre las partículas que forman los canales para el flujo.

- 2) Debe tener una distribución adecuada del tamaño de partículas. Cuando las partículas tienen un área de superficie alta, retardan el flujo- y las partículas gruesas dan poca claridad, se seleccionan las partículas -

de tamaño más parecidas para que el filtro-ayuda sea lo más homogéneo posible, ya que por regla general, en una mezcla de varios tamaños de partículas, el flujo o permeabilidad lo controlan las partículas más finas.

3) Prácticamente se ha encontrado que es necesario desviarse un poco del tamaño óptimo de las partículas para incluir un porcentaje mínimo de partículas gruesas que permitan la formación de una precapa sobre el tamiz.

4) Debe ser ligera de peso, para asegurar una suspensión homogénea y de fácil formación. Esto asegura una formación de torta homogénea y de permeabilidad prácticamente constante.

5) Debe ser químicamente inerte a la acción de los solventes empleados industrialmente, incluyendo la acción de ácidos y bases fuertes para evitar solubilizaciones de filtro-ayuda que contaminaría la solución filtrada.

La filtración con filtro-ayuda es una operación que se realiza en dos etapas: Primero, una delgada capa protectora del mismo (la precapa) es formada sobre la tela del filtro haciendo recircular el filtro-ayuda. Después de formar esta precapa, se agregan regularmente pequeñas cantidades de filtro-ayuda (dosificación). A medida que la filtración progresa, el filtro-ayuda mezclado con el líquido turbio se deposita en la precapa, formando continuamente una nueva superficie de filtración. Las diminutas partículas de filtro-ayuda proporcionan innumerables canales microscópicos que retienen las impurezas suspendidas y permiten que el líquido pase libremente sin ser obstruido.

Cuando el filtro-ayuda es usado en una precapa será la torta filtrante primaria, la cual es una masa de pequeñas partículas de forma irregular todas estrechamente juntas. Una segunda torta será formada mientras los sólidos son removidos, complicando de esta manera el problema. La ecuación para el líquido que fluye a través de la torta filtrante es una adaptación de la ecuación de Poiseuille para la corriente de flujo del líquido a través de capilares.

En su forma más simple esta ecuación manifiesta que el valor instantáneo del flujo es directamente proporcional a la presión y al área de filtración e inversamente proporcional a la resistencia específica de la torta, la viscosidad del líquido y al espesor de la torta.

Esto es:

$$\frac{dV}{d\theta} = \frac{\Delta P A}{r \mu Lc}$$

Pero empíricamente se ha encontrado que la resistencia específica de la torta es proporcional a la diferencia de presión elevada a un exponente (S).

$$r = C \Delta P^S$$

entonces la ecuación quedaría:

$$\frac{dV}{d\theta} = \frac{\Delta P A}{C \Delta P^S \mu Lc}$$

Donde: V = Volumen filtrado

A = Area de filtración

θ = Tiempo

ΔP = Descenso de presión a través de la torta

μ = Viscosidad del líquido

L_c = Espesor de la torta

r = Resistencia específica de la torta en el tiempo θ

C = Constante, determinada por el tamaño de las partículas que forman la torta

S = Factor de compresibilidad de la torta

$S = 0$ Para tortas incompresibles

$S = 1$ Para tortas altamente compresibles

COMPRESIBILIDAD DE LA TORTA

En algunas tortas de filtración la resistencia específica varía con la caída de presión sufrida, debido a que la torta se va haciendo más y más densa a medida que la porción se hace mayor y proporciona con ellos menos y mas pequeños pasadizos para el flujo. Al fenómeno se le conoce por compresibilidad de la torta. Las sustancias blandas y floculentas proporcionan tortas muy compresibles, mientras que las densas y granuladas como el azúcar y los cristales de sal afectan muy poco por la presión. La siguiente ecuación empírica se ha propuesto para tomar en cuenta la compresibilidad de la torta:

$$r = C \Delta P^S \quad (5)$$

donde C y S son constantes empíricas determinadas prácticamente y r es la resistencia específica de la torta bajo la presión P , ΔP es la caída de presión a través del filtro.

Para la determinación de C y S se requieren dos experiencias a caída de presión constante, pero tiene restricciones, pues a caídas de presiones muy bajas no da resultados precisos.

La constante S es una medida cuantitativa de la compresibilidad. -- Teniendo S un valor de 0 para tortas incompresibles, y es positiva para -- las compresibles, los valores caen usualmente entre 0.1 y 1.0, los valores mayores se aplican a los sólidos mas compresibles, esta constante se deno-- mina usualmente coeficiente o factor de compresibilidad.

La constante C está determinada por las propiedades de las partí-- culas que forman la torta del filtro.

La teoría de la filtración es un campo en el que ha habido un gran desarrollo matemático, pero su aplicación a los fines prácticos aun es in-- completa.

Esto se debe en gran parte a que es muy difícil definir el tamaño, poro, forma y comportamiento de las partículas suspendidas y también, si -- nos referimos a un problema industrial, a que exista una gran variación de una carga a otra o de un día a otro, en el producto que se pretende filtrar.

Una característica de esta operación es que los equipos se han de-- sarrollado a base de consideraciones prácticas sin ninguna relación con la teoría.

Los investigadores en el campo de la filtración se han visto limi-- tados a iniciar sus razonamientos tomando en cuenta sólo una parte y a ve-- ces infinitesimal del ciclo de filtración y no toda la rutina que se sigue el operar industrialmente como es el caso de las consideraciones prácticas o empíricas.

En otras palabras con fórmulas operacionales en las que se sustituyen datos que se obtienen fácilmente del equipo como la presión, los volúmenes de filtrado y el tiempo, se pueden conocer las constantes de la filtración y a partir de éstas, calcular el filtro industrial.

FILTRO-AYUDA DE TIERRA DE DIATOMEAS

El filtro-ayuda más comunmente empleado en la industria cervecera es la tierra de diatomeas, la cual se conoce por múltiples nombres; a saber: Diatomita, tierra fuller, tierra de infusorios, trepoli, harina fósil, Kieselguhr. Debe tal cantidad de nombres a las creencias acerca de su origen y constitución.

Se formó por la sedimentación de esqueletos de algas sílicas del plankton vegetal de los mares terciarios y cuaternarios pobres en cal y de los lagos de agua dulce. Con el transcurso del tiempo estos esqueletos se cubrieron de otras substancias (arena, arcilla) y se combinaron con otras (compuestos de calcio, fierro y aluminio); de tal manera que en la actualidad varían según el yacimiento. En el examen microscópico se observa que en la tierra de diatomeas provenientes de yacimientos marítimos hay una abundancia de esqueletos redondos, esféricos; en tanto que las que vienen de lagos tienen abundancia de esqueletos alargados del tipo bastoncillo o tubo, según la población de algas existentes en ese tiempo.

En el acondicionamiento para convertir la tierra de diatomeas en un producto comercial se siguen varios procesos: Molienda, tamizado selección al viento, secado y calcinación. En el transcurso de estos procesos la tierra toma una forma granulada y se destruyen o desaparecen una gran --

parte de los elementos extraños, además se añade una parte de óxidos de --
hierro y aluminio para dar silicatos y así aumentar la capacidad de adsor--
ción de la tierra.

Debido a su fina división y a los esqueletos de las algas la tie--
rra de diatomeas tiene una gran superficie, dentro de la misma tierra la --
que se aparta más de la forma esférica es la que tiene mayor superficie, --
pues para una masa dada la forma esférica es la que ocupa menor superficie.

La superficie aproximada de un gramo de tierra de diatomeas es de
1 a 20 mts².

La composición típica y las impurezas admisibles en una tierra --
que se vaya a usar para filtración son las siguientes:

COMPOSICION	IMPUREZAS
SiO ₂ (silice) 88.40%	no mas de 1% como arena
Al ₂ O ₃ (alúmina) 2.054%	no mas de 1% como arcilla
Fe ₂ O ₃ (óxido férrico) 1.13%	no mas de 1% total
CaO (óxido de calcio) 0.34%	indica presencia de CO ₃
MgO (óxido de magnesio) 0.52%	
CO ₂ + H ₂ O 6.08%	
Materia Orgánica no más de 1%	

No más de 1% de esta materia soluble en agua

Parte del SiO₂ se encuentra en forma de arena la cual, aunque no--
daña por ser material inerte, no debe exceder de 1% de SiO₂ total porque --

disminuye la cantidad de material filtrante activo.

La alúmina o arcilla es de las impurezas mas objetables, porque decrece la capacidad filtrante del material en cuanto a su rendimiento, - esta capacidad puede aumentarse calcinando la tierra que convierte el coloide gelatinoso e hidratado, que obtura los poros del filtro retrasando la filtración, en un silicato de aluminio anhidro parcialmente fundido. - No debe existir mas de un 6% de este material.

La presencia de fierro en el material se determina como fierro-total y fierro soluble, siendo ésta última determinación la más importante pues el fierro soluble es el que va a pasar al filtrado. No debe encontrarse mas de 1% de fierro total.

Los carbonatos de calcio y magnesio son objetables cuando se filtran líquidos ácidos, porque su alcalinidad soluble sube el pH de estos.

El daño que puede ocasionar la materia orgánica depende fundamentalmente de la naturaleza de esta. Podría proporcionar materias colorantes, coloides y posiblemente sabores al líquido filtrado.

Una buena tierra contiene menos de 1% de materia orgánica consistente en mayor parte de cera y de otros materiales insolubles. La materia orgánica se elimina por calcinación y se determina por pérdidas por ignición.

La filtración con tierra de diatomeas es por adsorción. El efecto de adsorción depende de la superficie total y del porcentaje de sesquió

xidos de fierro y aluminio unidos químicamente.

Según sea la granulación de la tierra será la adsorción; a mayor número de pequeñas partículas, será mayor la adsorción y menor la velocidad de filtración.

Para comprender la adsorción conviene recordar que la superficie física de un cuerpo es muy distinta a la superficie tal como se define en geometría; no es continua, porque esta formada por átomos separados uno de otros por distancias mayores que sus rádios. Tampoco es lisa hay siempre en ella planos aristas y vértices, por tanto hay que esperar a -- que en la superficie química existan átomos con diferentes propiedades, - que corresponden a los distintos modos como pueden estar relacionados con sus vecinos.

Químicamente los átomos que forman la superficie de un cuerpo, son muy distintos de los que estan en el interior, pues estan rodeados es tos en todas direcciones por átomos que deben tener todas sus valencias - saturadas, en tanto que un átomo situado en una superficie, en una arista o en un vértice teniendo en cuenta que sus valencias tienen una direc---- ción en el espacio y que ofrecen una resistencia a deformar estas direc-- ciones, se han de comportar como no saturados. Los diatomos presentan -- una superficie tan extraordinariamente extensa con una infinidad de áto-- mos químicos que poseen en mayor o menor grado, esta facultad de adsor--- ción, permitiendo así el paso del líquido perfectamente brillante.

Ahora bien no todos los cuerpos capaces de ser adsorbidos son equivalentes, ya que la misma cantidad del mismo adsorbente puede retener

en su superficie cantidades muy diferentes de distintos cuerpos ni tampoco la unidad de superficie de cualquier adsorbente adsorbe cualitativamente y cuantitativamente de forma adecuada.

Por esta razón conviene evitar una adsorción demasiado intensa que podría retener sustancias características del licor a filtrar.

Solo teniendo presente lo complicado de los fenómenos que intervienen en la filtración es posible resolver los múltiples problemas que se presentan y adaptarlos a los llamados factores técnicos de la filtración que son según su importancia, la superficie y el espesor de la capa filtrante, la presión, el tiempo, la temperatura y la concentración del líquido que se filtra. Todos ellos se han de tener presentes cuando se trata de elegir un filtro o un procedimiento de filtración.

C A P I T U L O I I

CONSIDERACIONES PARA EL AUMENTO DE EFICIENCIA

1) CONDICIONES ACTUALES:

Actualmente se producen 7 cocimientos por día siendo el volumen de cada cocimiento de 450 Hls., por lo que al día son procesados 3150 Hls.

En la sala de filtración se cuenta con un filtro de hojas verticales marca Niágara con un área total de filtración de 400 pies². La capacidad de filtración actual a la presión máxima de trabajo (5.5 Kg/cm²) es de 150 Hls./hr., con una claridad bastante aceptable.

Debido a que en la preparación del filtro se tiene un tiempo --muerto de 45 minutos por el vaciado, lavado y formación de precapa, y considerando que la duración promedio de cada carga del filtro es de 4 horas y media, por cada 24 horas de filtración solo se tendran 21 horas de filtración efectiva, así que:

$$150 \text{ Hls/hr} \times 21 \text{ hrs/día} = 3150 \text{ Hls/día}$$

se está filtrando a la máxima capacidad.

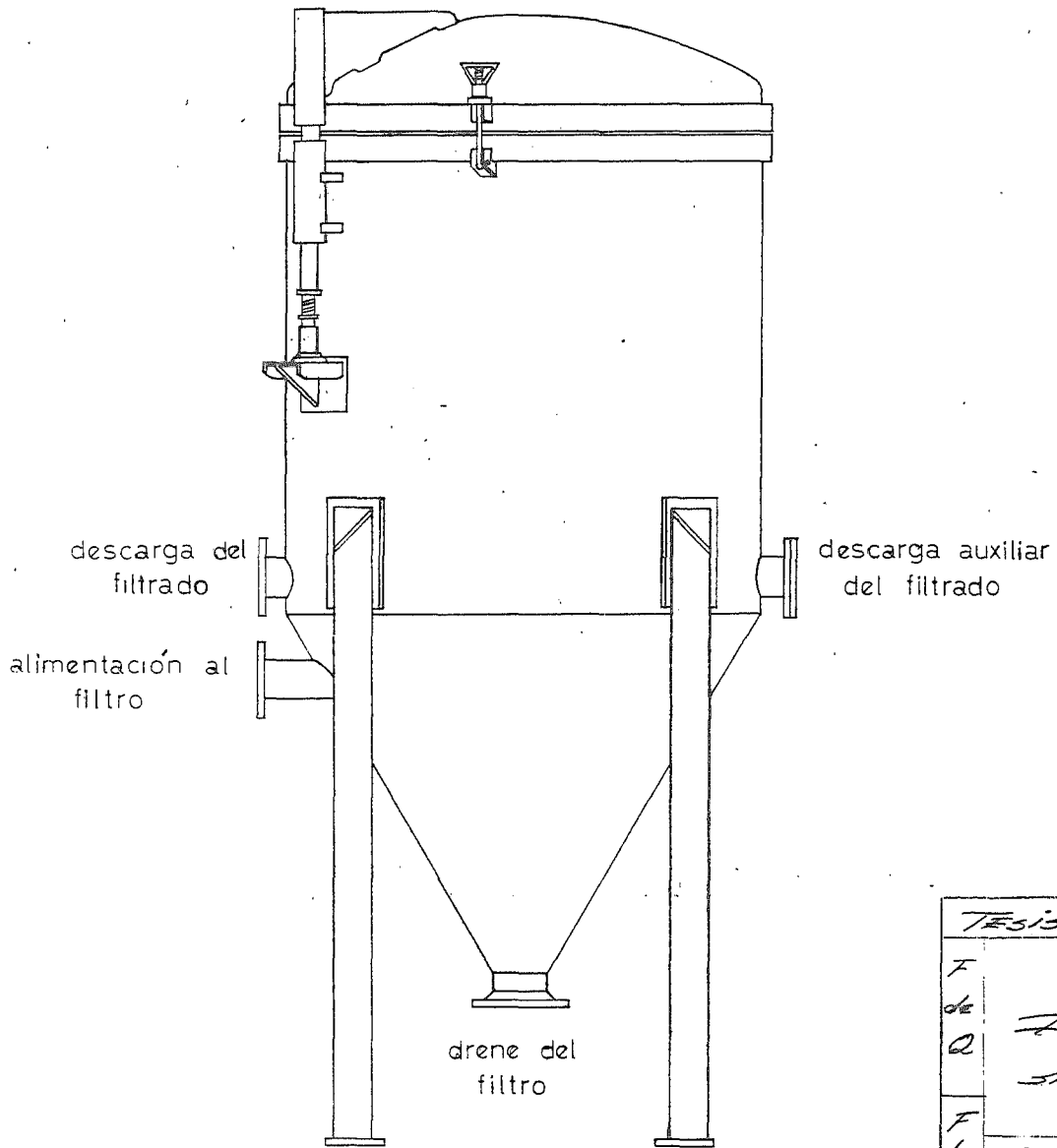
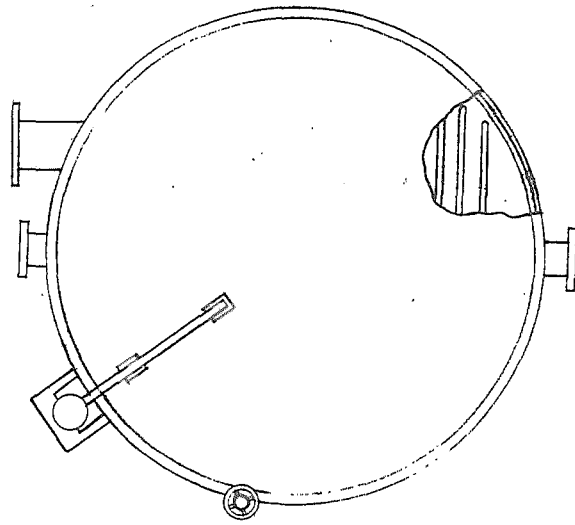
CICLO DE OPERACION

La cerveza que se encuentra en las salas de reposo es bombeada hacia un enfriador localizado antes del filtro, este es un serpentín de tubos concéntricos enfriado por amoníaco en donde la temperatura de la cerveza es bajada a la temperatura más cercana a un punto de congelación ($-2\text{ }^{\circ}\text{C}$). El ciclo se inicia con el llenado del tanque de precapa, preparando una suspensión con tierra de diatomea que nos va a servir para la formación de la precapa. El propósito principal de esta etapa es la de formar una capa continua y uniforme sobre la tela del filtro. La precapa es formada por la recirculación de la suspensión sobre los elementos del filtro usando para esto un grado medio de filtro ayuda y una segunda precapa se lleva a cabo en la misma forma usando un grado fino. La velocidad de recirculación deberá ser cuando menos igual a la que se tendrá al inicio de la filtración.

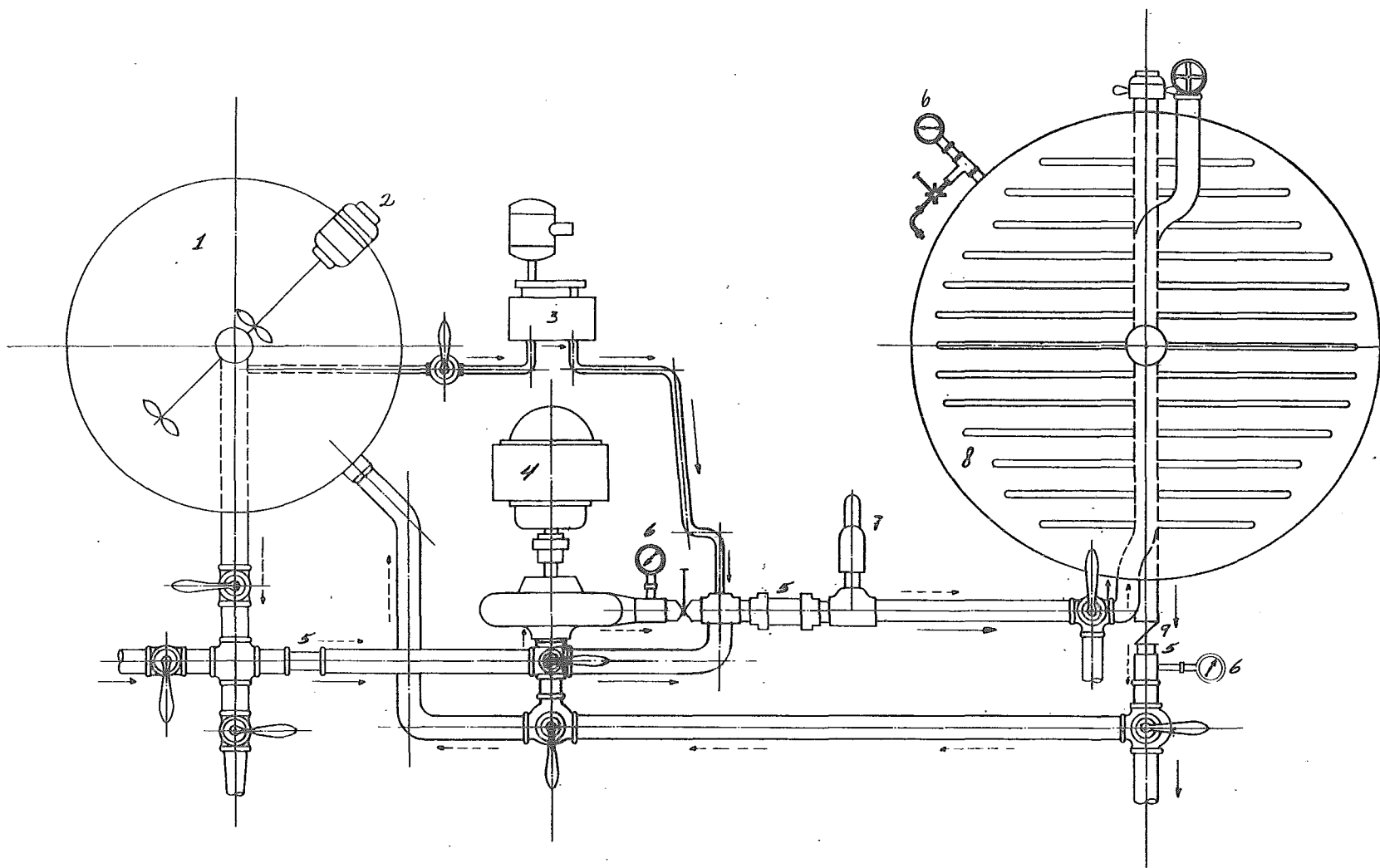
Los objetivos de la precapa son:

- a) Disponer de inmediata claridad al momento de iniciar la filtración propiamente dicha.
- b) Prevenir que los sólidos estén en contacto directo con la tela del filtro ya que la obstruirían.
- c) Facilitar la limpieza de los mismos.

El filtro está listo para recibir cerveza, la cual se alimenta con una suspensión de filtro-ayuda para evitar que se cierren los poros del lecho, (de esta forma el lecho es continuamente renovado) y de mantener la claridad deseada. Conforme la filtración procede el volumen de la torta se incrementa hasta llegar a un punto en el cual el espacio muerto



TESIS PROFESIONAL	
F	FILTRO
de	INDUSTRIAL
Q	SIN ESCALA
F	ANTONIO LONA TAVARES
G	
I	



- 1 TANQUE DE SUSPENSIÓN DE FILTRO-AYUDA
- 2 AGITADOR
- 3 BOMBA DOSIFICADORA DE FILTRO-AYUDA
- 4 BOMBA DE BOMBA PARA FORMACIÓN DE PRECIPITA
- 5 AIRILLAS DE CRISTAL
- 6 MANOMETROS
- 7 VALVULA DE SEGURIDAD
- 8 FILTRO
- 9 VALVULA CHECK
- FLUJO FORMACIÓN DE PRECIPITA
- FLUJO DE FILTRACIÓN

TRABAJO PROFESIONAL

F DIAGRAMA DE FLUJO
 de SIN ESCALA DEL
 Q PROGRESO DE
 FILTRACIÓN

F
 1
 G

ANTONIO LUIS TAVARES
 Y VICTOR S. RAMPOUZET OCAÑO

entre las hojas se llena o bien debido a los sólidos atrapados, el flujo - cae a un nivel impráctico, en este momento ha llegado a su fin la etapa - de filtración. Se suspende la refrigeración se interrumpe el funcionamiento de la bomba de alimentación, se cierra la válvula de entrada de cerveza al filtro y se lleva a cabo el vaciado de este por medio de presión de CO₂ a un tanque de retorno de cerveza. La tierra depositada en el exterior de las hojas se elimina con agua a presión, mientras se efectua el lavado, se prepara la suspensión de cerveza y filtro-ayuda en el tanque de precapa -- que nos va ha servir para formar una nueva precapa, iniciando con esto un nuevo ciclo.

2) NECESIDADES FUTURAS:

Por el incremento en las ventas, para los próximos dos años se- espera un aumento anual en la producción de 23,760.000 litros de cerveza.

Esto plantea el problema de absorber un excedente de 900 Hls./- día considerando 22 días útiles por mes.

Para lograr el aumento de filtración que demañdan las necesida- des sin tener que adquirir un equipo adicional es necesario hacer un análisis de las distintas variables que intervienen o afectan directamente a la filtración, con el objeto de ver cuales se podrñan atacar.

3) ANALISIS DE LAS VARIABLES

De la ecuación:
$$\frac{dV}{d\theta} = \frac{\Delta P A}{r \mu L c}$$

AREA DE FILTRACION (A)

Se observa que aumentando el área aumenta en proporción el flujo o paso de la cerveza. Para el caso esta variable no puede ser afectada ya que esto implicaría la adquisición de un nuevo filtro.

CAIDA DE PRESION (ΔP)

La ecuación nos muestra que aumentando la presión debe aumentar el flujo proporcionalmente. Sin embargo si observamos el efecto de la presión sobre la resistencia específica de la torta, es evidente que lo anterior solo es verdad si la torta es incompresible o sea cuando $S = 0$.

RESISTENCIA ESPECIFICA DE LA TORTA (r).

Esta resistencia a la filtración involucra dos factores; la constante C y el factor de compresibilidad S.

La constante C, está determinada por el tamaño de la partícula de la suspensión que forman la torta en el filtro. Entre menor sea el tamaño de las partículas sólidas menor es el flujo; de esto se vislumbra la posibilidad de otros medios para incrementar el flujo como son:

i) Emplear si es posible, algún medio de coagular o aumentar el tamaño de los sólidos en suspensión (en nuestro caso la temperatura, pero esta se encuentra limitada por el punto de congelación de la cerveza).

ii) El de reducir lo más posible la ruptura de partículas ocasionada por la agitación y otra la provocada por el bombeo. Por esta razón la agitación de la pasta debe ser la mínima necesaria para mantener una suspensión uniforme entre los sólidos y filtro-ayuda durante el tiempo de filtración.

Así pues la constante C nos indica como el tipo de filtro-ayuda y su distribución media de partículas cambiará la velocidad del flujo. Por supuesto no nos indica si la calidad de la cerveza filtrada será aceptable o no.

El factor de compresibilidad de la torta S, es como ya se dijo anteriormente un factor exponencial de la caída de presión a través de la torta, el efecto de agregar un filtro-ayuda a la pasta es el de reducir el valor de S. Cuando este se reduce hasta un valor lo más cercano posible a cero, al aumentar la presión se aprovechará completamente de este factor - para obtención de flujos más altos.

La adición de un filtro-ayuda en volumen, con los sólidos suspendidos de la cerveza, es el factor de más influencia sobre la velocidad del flujo, pues aumenta el tamaño de las partículas de los sólidos que forman la torta y disminuye la compresibilidad de la misma. La resistencia de la torta puede reducirse mucho con la adición de filtro-ayuda. Esto explica porque la selección del tipo y de cantidades correctas de filtro-ayuda es de una importancia máxima para obtener velocidades de flujo óptimas.

VISCOSIDAD DEL LIQUIDO (μ)

El flujo es inversamente proporcional a la viscosidad. Por esta razón de cualquier manera que se pueda disminuir la viscosidad del licor - en proceso, se aumentara el flujo.

Los factores que afectar directamente la viscosidad son: la temperatura y la concentración o dilución.

Temperatura:

Generalmente un aumento en la temperatura favorece la velocidad de filtración ya que disminuye la viscosidad del líquido. Sin embargo en la filtración de cerveza la temperatura deberá ser siempre la más cercana posible al punto de congelación de ésta, permitiendo conservar insoluble el complejo Tanino-Proteína y a la vez mantener más grande la partícula, por lo que no podemos aumentar la temperatura.

Concentración o Dilución:

La concentración o dilución de la cerveza no es posible efectuarla sin cambiar su naturaleza afectando por esta razón la calidad del producto.

ESPESOR DE LA TORTA (L_c)

Este es el factor que menos influencia tiene, pues para una torta limpia es decir formada exclusivamente de filtro-ayuda se observa que la permeabilidad aunque disminuye con el espesor no lo hace en una forma tan notoria como cualquiera de las demás variables.

De la discusión de estas variables de filtración se puede concluir que la posibilidad más accesible de aumentar la velocidad de filtración sera mediante la selección de un tipo de filtro-ayuda así como su dosificación mas apropiada; esto es la selección y porcentaje adecuados de filtro-ayuda.

C A P I T U L O I I I

EXPERIMENTACION

1) FUNDAMENTO

El objeto principal de estas experiencias es determinar el tipo y porcentaje de filtro-ayuda que de el flujo y la claridad requerida.

Examinando de nuevo la ecuación general de filtración, vemos -- que los factores que afectan el flujo son: el área y la caída de presión total que son directamente proporcionales, la viscosidad la resistencia de la torta y el medio filtrante que son inversamente proporcionales. De todos ellos el más importante es la resistencia de la torta.

Mediante la reducción de la resistencia específica de la torta con la adición correcta de filtro-ayuda se puede obtener mejoras en la velocidad de flujo.

Mediante el conocimiento de los datos experimentales V vs θ y su interpretación correcta podrá seleccionarse el factor filtro-ayuda que optimizará el ciclo.

La forma más simple de observar la influencia del filtro-ayuda-

es con el filtrado obtenido y la claridad de la muestra. Por comparación se observa cual es el filtro-ayuda que nos da el flujo máximo de filtrado para un consumo mínimo de filtro-ayuda, al usar una área fija a una presión y temperatura constantes tenemos un punto óptimo.

2) EQUIPO DE PRUEBA

Hasta el desarrollo de la unidad de prueba que se presenta a continuación, el único método de predicción para los resultados reales de una filtración en escala Industrial era costoso y tardado en las plantas piloto de prueba y en muchos casos los resultados no siempre coincidían con la producción normal ya en la planta.

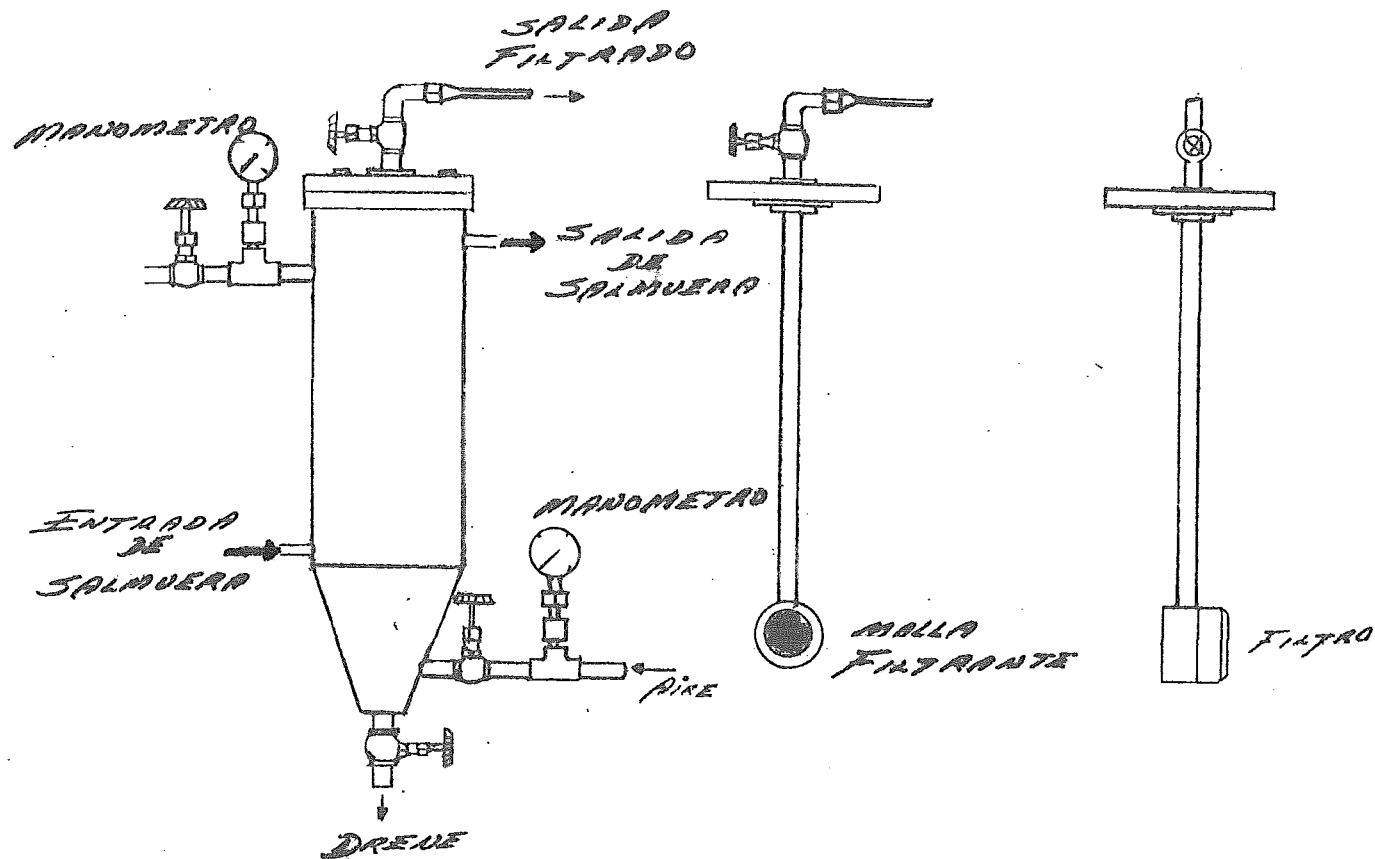
Esto llevo al diseño de una unidad que permitiera un estudio seguro de las variables que afectan una filtración a presión y cuyo resultado nos diera la seguridad de que éstos estarán de acuerdo con los planeados para la planta ya en alta producción.

FILTRO A PRESION DE LABORATORIO

Es un dispositivo relativamente simple que involucra todas las variables de una filtración y muy útil para hacer pruebas comparativas sobre casi cualquier tipo de licor a filtrar, con objeto de determinar:

a) El grado y cantidades correctas de filtro-ayuda para obtener flujo y claridad máxima.

b) Datos suficientes para definir completamente el ciclo de filtración usado.



TESIS PROFESIONAL	
F de 2	FILTRO DE PRUEBA DE LABORATORIO SIN ESCALA
F 6 III	ANTONIO LONA TRUJANES VICTOR S. MARCOUZET OCAÑO

DESCRIPCION

El diagrama anterior muestra como se han combinado las partes - necesarias para esta unidad de prueba.

Como se ve las partes básicas de que consta son:

- 1) Un recipiente para contener el licor a filtrar:
- 2) Un tamiz y un soporte de filtro, sobre el cual se formará la torta.
- 3) Un sistema de impulsión a presión controlada, que se aplica al licor.
- 4) Un sistema de agitación para mantener los sólidos en suspensión.
- 5) Sistema de recolección y medición de licor filtrado.

Este pequeño filtro a presión se puede construir de diferentes capacidades. Además proveerse de un juego de hojas de filtración de diferentes áreas, las cuales se pueden cambiar durante las pruebas para mayor exactitud y elasticidad del manejo de las demás variables.

DIMENSIONES Y FACTORES DE LAS HOJAS DE FILTRO A PRESION

Diámetro Pulg.	Area Pulg. ²	Area Pie ²	Factor de conversión a gal/hr pie ²
1.000	0.786	0.00545	0.0485
1.500	1.770	0.01230	0.0215
2.140	3.600	0.02500	0.0106

Toda la unidad a excepción de las válvulas es de acero inoxidable, como prevención de cualquier vestigio de corrosión ya sea con el licor o con el empleo de solventes.

El fondo es en forma cónica para eliminar ángulos donde se puedan asentar los sólidos presentes y para mejorar la agitación y suspensión. La fuente de presión es comunmente de aire y tiene dos fines:

- 1) Sirve para la agitación del licor a filtrar.
- 2) Proporcionará la presión necesaria de trabajo.

La agitación se hace manteniendo hermeticamente cerrada la unidad a excepción de la válvula de escape, la cual se abrirá sólo lo suficiente para permitir que el burbugeo del aire agite el licor sin llegar al extremo de que sea tan violento para derramar el licor debido a las proyecciones.

El tubo y llave de muestra sirve para coleccionar el licor filtrado una vez en operación esta unidad, el aire a presión empuja el licor a través de la hoja del filtro y la torta en formación, saliendo clarificado por este tubo de donde es recogido en probetas para su medición.

La presión se controla mediante el regulador y es leída en el manómetro.

Entre la válvula de escape y el cuerpo del filtro hay una trampa provista de una válvula, que nos sirve para comprobar si hay arrastre o proyecciones.

El filtro se encuentra encaquetado y el medio de enfriamiento se hace por salmuera. En el fondo hay una conexión y válvula de desagüe para retirar el licor una vez terminada la experiencia, así también las aguas o solventes de lavado.

Por lo general el lavado se hace con agua y jabón, o bien empleando agentes químicos, en cualquier caso se da un enjuague final con agua destilada.

Es de resaltar la necesidad de una limpieza absoluta para seguridad de los resultados de la prueba, así como el buen funcionamiento de la unidad. Por ejemplo cuando la tubería está sucia es difícil controlar el aire a presión (obstrucción de las conexiones del regulador o del regulador mismo) o bien la agitación (obstrucción de los ductos) o bien si el filtro no está limpio, entonces el licor se contaminará y la muestra de la prueba ya no será representativa.

La hoja del filtro consiste de; una tuerca que se ajusta al exterior de la placa del tamiz del filtro, los agujeros de distintos tamaños el frente de la hoja del filtro permiten un área variable de filtración.

3) TECNICA DE OPERACION

Se comienza por lavar perfectamente el filtro tuberías y conexiones, ya sea con agua y jabón o con una solución de fosfato trisódico y se enjuaga con agua destilada.

Una vez preparada convenientemente esta unidad para empezar a -

correr una prueba, el filtro se llena con licor se adiciona cierto porcentaje del grado de filtro-ayuda que se desea probar, se tapa y se abre poco a poco la válvula reguladora de presión, abriendo también poco a poco la - de escape, con objeto de poner en suspensión homogénea el licor y filtro - ayuda y se lleva a la temperatura apropiada. Una vez que la suspensión se haya homogenizado y alcanzado la temperatura deseada se comienza a aumen-- tar la presión hasta el valor de 10 lbs/pulg².

Con el equipo y problema preparado se puede comenzar la prueba la cual será dividida en tres partes para mayor exposición y comprensión - de la misma, esta división es:

Pruebas preliminares

Pruebas a presión constante de 21 minutos

Pruebas finales de comprobación

PRUEBAS PRELIMINARES Y A PRESION CONSTANTE DE 21 MINUTOS

Estas serán las pruebas que darán conocimiento del porcentaje- mínimo de filtro-ayuda y la presión de trabajo como datos principales.

Cuando la unidad está preparada con licor y filtro-ayuda y se - ha alcanzado el límite de presión y temperatura como variables que permane- cerán constantes, se coloca una probeta graduada bajo la línea de muestreo y se abre la válvula, cuando comienza el flujo se pone a funcionar un cro- nómetro de precisión y se anota el volumen filtrado a los tres minutos.

La presión y la temperatura deben mantenerse constantes pues --

cualquier cambio en alguno de estos factores afectarán los resultados. Aunque la temperatura no es tan crítica como la presión, ambas deben mantenerse constantes pues ésta es la base del método.

El flujo total para los primeros tres minutos del ciclo de filtración no debe ser menor de 20 ml., ni mayor de 350 ml.

Cuando se ha obtenido un flujo dentro del límite antes mencionado y bajo las mismas condiciones de operación, inmediatamente después de leer el volumen colectado de la prueba preliminar se anota éste y el tiempo en que fue colectado y así sucesivamente se anotan los volúmenes colectados a los siguientes intervalos de tiempo.

3, 6, 9, 12, 15, 18 y 21 minutos

Al final de la prueba se mide y anota el espesor de la torta redondeando el resultado a 1/32 de pulgada más próximo. Estos datos se deben archivar junto con todas las pruebas subsecuentes de 21 minutos, para lo cual se recomienda ordenarlos de una forma fácil de leer como se anota posteriormente.

De los volúmenes colectados se seleccionan los de 12, 15 y 18 minutos para observar la claridad obtenida en cada experiencia.

El propósito de esta prueba de 21 minutos es determinar con precisión la cantidad y tipo de filtro-ayuda que es consistente con la demanda de flujo y claridad del problema.

Si el flujo se sale de los límites mínimo de 20 ml., y máximo de 350 ml., se deberá a las siguientes causas:

a) Velocidad de flujo preliminar baja

En el caso de que el volumen medido sea menor de 20 ml., en los primeros tres minutos, llevará mucho tiempo obtener un volumen razonable de filtrado en pasos posteriores pues como se sabe el flujo disminuye con el tiempo debido a la formación de la torta, para comprobar si hay o no flujo, se puede tomar un vaso de precipitados parcialmente lleno con agua y llevarlo a la descarga de la línea de muestreo, aquí se ve si hay o no formación de burbujas.

Si no se obtiene filtrado en tres minutos, se aumentará la presión en incrementos de 10 lbs/pulg² hasta el límite de 50 lbs/pulg².

Si en algún punto durante los aumentos de presión se observa que empieza a haber flujo, se arranca inmediatamente el cronómetro y se colecta el filtrado en una probeta, si el volumen del filtrado cae dentro del límite de 20 a 350 ml. para los tres primeros minutos se procede hacer la prueba de los 21 minutos.

Si por el contrario el volumen sigue siendo menor de 20 ml., a 50 lbs/pulg². entonces trabajamos con otra cantidad de filtro-ayuda la cual en este caso deberá ser mayor.

Ahora se trabajará con una cantidad doble de filtro-ayuda.

Se ensambla la unidad y se procede hacer una segunda prueba preliminar de 10 lbs/pulg² observando el flujo de los tres primeros minutos - si aun es bajo se vuelve a aumentar la presión de trabajo en 10 lbs/pulg², cada vez, hasta llegar al límite de 50 lbs/pulg².

Las adiciones subsecuentes de filtro-ayuda, se hacen de manera - de doblar la cantidad de la prueba anterior, y para cada una de estas concentraciones se determina el flujo a las siguientes presiones:

10, 20, 30, 40 y 50 lbs/pulg²

Si las pruebas anteriores a 50 lbs/pulg² no dan un flujo mayor de 20 ml durante los tres primeros minutos se prueba con 2% del grado mas alto de filtro-ayuda en cuanto a permeabilidad a 50 lbs/pulg². Por lo general nunca se llega hasta estos extremos pues precisamente los grados de -- filtro-ayuda altos se han desarrollado para este fin, sin embargo en el su puesto caso de que después de las pruebas extremas el flujo sea aun menor de 20 ml. nos encontramos ante un problema que requiere estudios adicionales y cuya solución no será inmediata, pues generalmente se necesitará de un filtro-ayuda especial. ✓

b) Velocidad de flujo preminar alta.

El segundo caso que se puede presentar en las pruebas preliminares es cuando el volumen medido durante los primeros tres minutos es mayor de 350 ml., en este caso se procede primero a reducir el área de filtración.

Se vuelve a correr una prueba preliminar a 10 lbs/pulg² y si el flujo es aun alto, se procede a reducir más el área de filtración y se co-

rre a 5 lbs/pulg², si el flujo es todavia alto, se ataca otra variable, o-- sea se procede a cambiar el grado de filtro-ayuda para las pruebas siguien-- tes.

Se limpia la unidad de filtración se toma una nueva cantidad de licor y se adiciona el mínimo porcentaje de un grado de permeabilidad baja se llega al caso extremo de usar el grado mínimo de filtro-ayuda en cuanto a permeabilidad y trabajar a presión y temperatura mínimas, entonces se -- puede ver si la claridad es aceptable o no. Si se observan vestigios de -- turbiedad entonces se aumentara la cantidad de filtro ayuda de permeabili-- dad mínima. Pero si la claridad es aceptable, entonces lo mas probable es que la filtración no requiera filtro-ayuda y en este caso se deben buscar-- otros medios de separación mecánica tales como la clarificación por asenta-- miento, centrifugación etc.

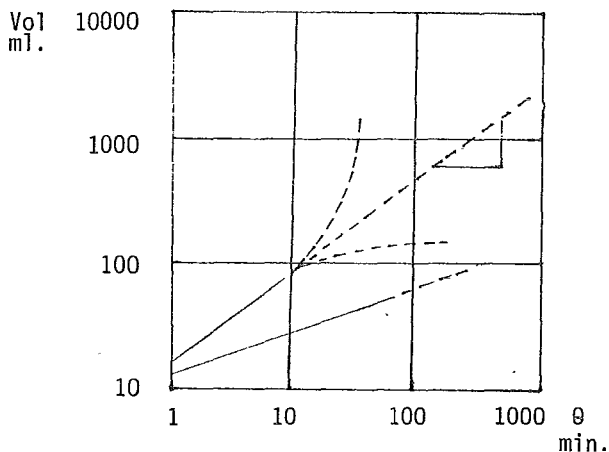
En el caso límite de que ninguna prueba dio resultado y que los-- medios mecánicos anteriores no sean satisfactorios en cuanto a su clarifi-- cación la medida final que se toma es la misma que en el caso anterior del flujo inicial bajo.

Todas las pruebas preliminares han tenido como propósito encon-- trar el porcentaje y tipo de filtro-ayuda así como la presión y temperatu-- ra necesarias para tener un flujo en los tres primeros minutos dentro del límite de 20 a 350 ml.

Gráfica e interpretación de los datos obtenidos

Todas las pruebas de 21 minutos se grafican en papel logarítmico

poniendo el volumen en las ordenadas y el tiempo en la abscisas. Los puntos obtenidos deben caer sobre una línea recta desde la primera a la última lectura.



Gráficas características en las pruebas de filtración de 21 minutos a presión y temperatura constantes.

Los puntos que están arriba y abajo de la línea recta, puede significar que la presión o la temperatura o ambas no son constantes o que se han cometido errores en la lectura.

Si la línea se hace curva hacia arriba, lo más probable es que haya filtraciones laterales causadas por no haber ajustado herméticamente la hoja de filtro o bien que la cantidad de filtro-ayuda adicionada fue -- tan grande que la torta formada es en forma de hongo y por fuera del área propiamente dicha de filtración. Si la gráfica obtenida es de este tipo -- tal y como se muestra en la curva B del diagrama anterior, hay que exami-- nar la hoja del filtro al terminar la prueba y localizar las acumulaciones de filtro-ayuda en otros puntos que no sean los del área de filtración.

Cuando al graficar los datos, la línea se hace curva hacia abajo tal y como se muestra en la curva C, esto es indicio, por lo general, de un grado inapropiado de filtro-ayuda el cual se debe cambiar hasta obtener una recta como la de A, pues esto por lo general es indicio de una buena filtración.

Si al graficar los datos se obtiene una recta pero con una pendiente menor de 0.5 como en el caso de la línea D de la figura anterior esto nos indica por lo general que se esta usando una cantidad insuficiente de filtro-ayuda, en este caso es obvio que lo que hay que hacer es aumentar el porcentaje de filtro-ayuda usado, hasta llegar a una concentración en que la línea sea recta.

Volviendo de nuevo a la figura anterior se ve que a pesar de haber hecho la prueba tan solo durante 21 minutos es posible llegar a conocer el flujo total en un tiempo mayor, solo en el caso de que la línea sea recta, por extrapolación de la misma al punto de intersección con el tiempo fijado. De esta manera se extrapola al volumen obtenido en un ciclo de terminado de 3, 4, 7 o más horas.

Debe tenerse en cuenta que estas predicciones se hacen con base en la máxima presión usada en la prueba y que en algunos casos la presión de la filtración en la escala Industrial es mayor, así que se debe estimar el flujo que se tendrá en la planta en operación al usar una presión diferente.

Como ya se conoce el flujo total a una presión definida de los resultados de la prueba efectuada, el flujo total a cualquier otra presión en el mismo ciclo de filtración se puede estimar por medio de la fórmula:

$$F_2 = \sqrt{\frac{P_2}{P_1}} \times F_1$$

en donde el subíndice 1 se refiere a los datos obtenidos en la prueba y el 2 al que se quiere; se hace un cálculo simple puesto que se conoce el flujo total en un determinado ciclo, si dividimos entre el área de filtración usada, tendremos el dato de volumen por unidad de tiempo y por unidad de área. Para simplificar los cálculos se usa la siguiente fórmula la cual involucra ya esta división y las constantes de conversión necesarias para pasar de las unidades comunes de medición de prueba, a las anotadas:

$$\frac{\text{Gal}}{\text{hr pie}^2} = \frac{\text{ml flujo total}}{\text{ciclo en horas}} \text{ Factor de conversión}$$

este factor de conversión depende únicamente de la hoja que se haya escogido para la prueba ya que cada una de ellas tiene un área definida.

Cuando se conoce la velocidad y ciclo deseados, se calculan los ml., de flujo totales a obtener, como solución del problema, para lo cual se despejan los ml., totales de la ecuación anterior.

En este último caso las pruebas de 21 minutos se hacen con el objeto de tener por extrapolación este valor, o bien se dan por satisfactorios cuando el punto obtenido queda muy cerca del requerido ya sea de maso de menos.

EXAMEN DE LA CLARIDAD DE LAS MUESTRAS

Puesto que la razón primordial de la filtración es la eliminación de los sólidos en suspensión del licor, el éxito alcanzado en las pruebas se puede medir por la claridad de las muestras del filtrado.

Por lo general las muestras filtradas son lo suficientemente transparentes para hacer una comparación por observación nefelométrica de las muestras obtenidas. Para ello se toma la muestra que corresponde a la solución del problema, si la claridad no es satisfactoria, el problema se soluciona comunmente de dos maneras.

- 1) Incrementar el porcentaje de filtro-ayuda usado.
- 2) Usar el siguiente grado de filtro-ayuda más bajo en cuanto a permeabilidad.

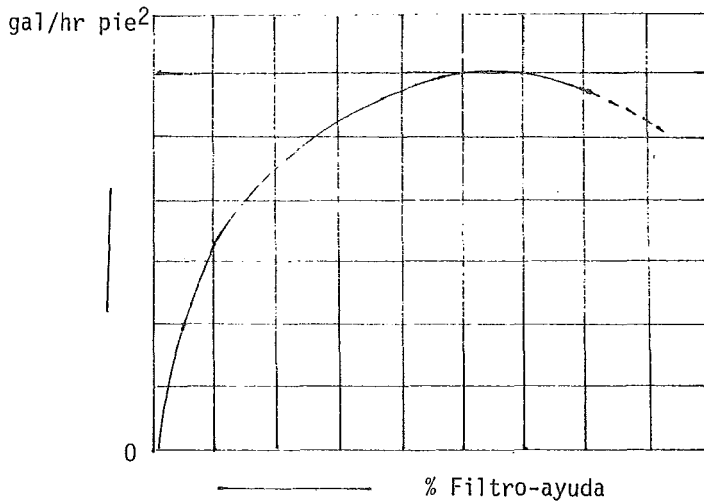
Por lo general es más práctico el uso de (1), puesto que al hacerlo da mejor brillantes y no se disminuye el flujo, sin embargo si se dispone de presiones de operación altas, es posible ensayar el grado próximo mas lento de filtro-ayuda a presiones mayores y teniendo en cuenta todos los factores involucrados, examinarlos comparativamente para obtener una solución económica óptima.

PRUEBAS FINALES DE COMPROBACION

Es recomendable efectuar varias experiencias de 21 minutos para la prueba que dio mejor resultado, como comprobación.

Para tener relacionados comparativamente los resultados de la cantidad mínima de filtro-ayuda que dará el flujo máximo se hace una gráfica con las velocidades de filtración como ordenadas contra el tanto por ciento de filtro-ayuda consumido como abscisas.

Los resultados típicos obtenidos son como se muestra en la figura siguiente:



Cantidad mínima de filtro-ayuda para el flujo máximo

Fácilmente se observa incluso desde que se están corriendo las pruebas de 21 minutos cuando hay una caída en el volumen colectado para un aumento en el tanto por ciento de filtro-ayuda empleado.

EFEECTO DEL ESPACIO DE TORTA EN EL CICLO DE FILTRACION

En la mayoría de las operaciones Industriales de filtración, el límite real del ciclo de filtración lo da la cantidad de espacio de torta-disponible. Por lo tanto en las pruebas se debe considerar detenidamente este factor.

El espesor de torta formada se debe medir al final de cada prueba.

Con el dato de espesor de torta formada en 21 minutos, se hace una relación para obtener el espesor que se formaría con el ciclo total y se observa su valor para ver si no es mayor que el espacio disponible.

Cuanto menor sea el espesor hay mayor posibilidad de obtener ciclos de filtración mayores.

$$\text{Espesor total} = \frac{\text{Espesor de torta} \times \text{volumen del ciclo total}}{\text{Volumen total del ciclo de 21 min.}}$$

4) DATOS OBTENIDOS ESCALA LABORATORIO

Selección de los filtro-ayudas utilizados en las pruebas

Como ya se indicó, actualmente se filtran 150 Hts/hr, y las necesidades futuras urgentes exigen un excedente sobre esta producción de:

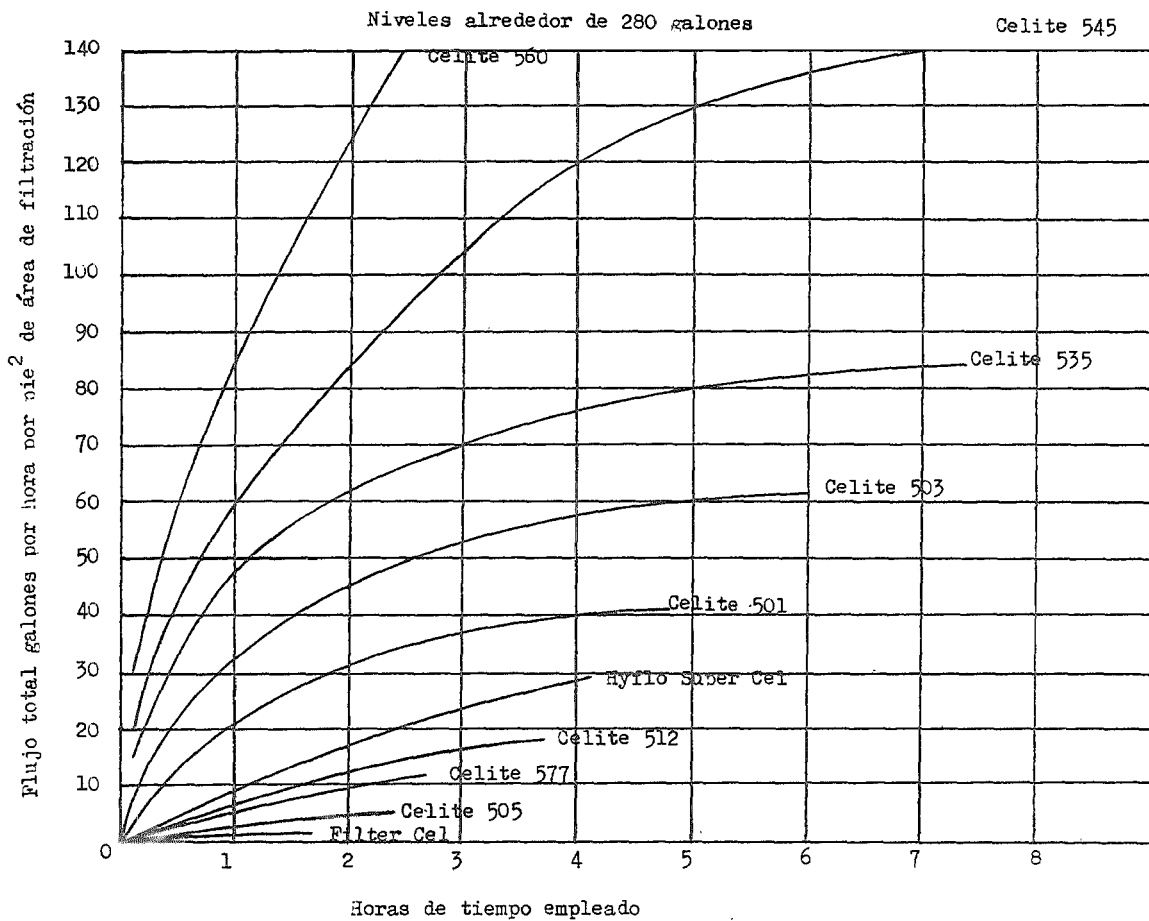
$$\frac{900 \text{ hls/día}}{21 \text{ hr/día}} = 42.8 \approx 43 \text{ Hts/hr}$$

lo que hace un total de 193 Hts/hr, equivalente a:

$$193 \text{ hls/hr} \times \frac{100 \text{ lts}}{1 \text{ Hls}} \times \frac{1 \text{ gal}}{3.785 \text{ lts}} = 5100 \text{ gal/hr}$$

Para los requerimientos prácticos de una filtración Industrial, existen casas que producen filtro-ayuda en un amplio margen de tamaño de partículas. Las velocidades de flujo relativas de estos grados se determinó, por medio de una prueba de filtración estandar que se muestra en la siguiente gráfica.

RELACION DE FLUJO RELATIVO DE LOS GRADOS DE CELITE

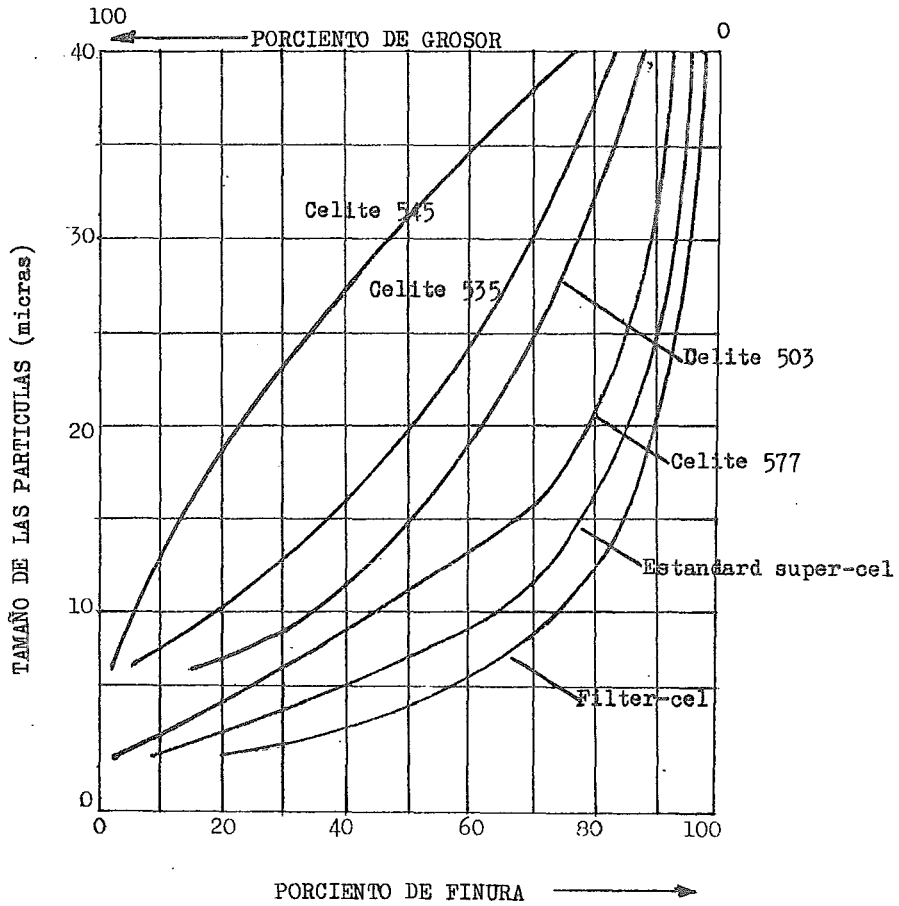


El grado mas fino de filtro-ayuda es el Filter-Cel que da la más alta claridad pero con el menor flujo, esta es una diatomita natural la --cual se extrajo selectivamente, secada molida y seleccionada por medio de corrientes de aire.

Para hacer tamaños de partículas mas gruesas y obtener flujos mayores, el Filter-Cel se calcina y se clasifica usando también aire a esta línea de grados calcinados pertenece el celite 505, el celite 512, y el celite 577.

Para lograr partículas aun mas grandes se agrega un fundente antes de calcinar recibiendo el nombre de fluxes calcinado, o grado blanco - de filtro-ayuda que incluyen el Hyflo Super-Cel, celite 501, 503, 535 y --560 que es el mas grueso, un promedio de la distribución de los tamaños se muestra en la siguiente figura:

DISTRIBUCION DE TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS DE FILTRO AYUDA



En la filtración de cerveza se utilizan únicamente los grados -- más finos de filtro-ayuda (Filter-Cel, celite 505, 512 y 577) por ser con- los que se obtiene una claridad aceptable.

De estos tipos de filtro-ayuda se seleccionaron para las pruebas el Filter-Cel el celite 505 y el celite 577 por su fácil adquisición y sus características de uniformidad.

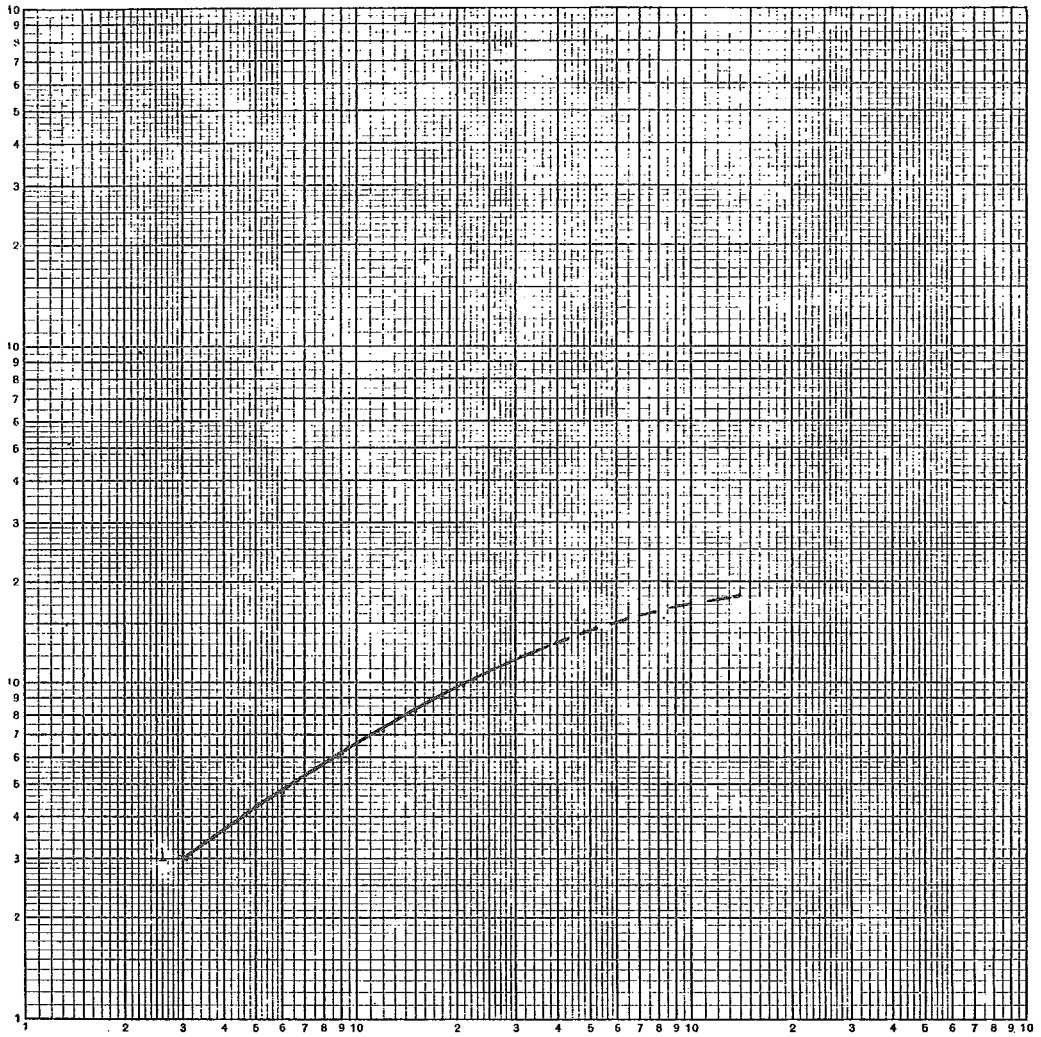
Así también por las experiencias adquiridas a través del tiempo- en lo que respecta a filtración de cerveza, se ha visto que utilizando con centraciones que fluctúan entre 0.1 y 0.4% de filtro-ayuda se logran buenos resultados por lo que las pruebas de laboratorio se corrieron tomando como base esas concentraciones.

Las pruebas realizadas como se indicó en el inciso (2) con los - diferentes tipos de filtro-ayuda arroja los datos de las tablas siguientes:

Prueba No. 1

Pr	P	T	% F.A.	tipo	Ø	v	V	D	A	L	Clar. U.H.	gal/hr pie ²
	10	2	0.1	Filter Cel	3	30	30	2.140	0.0250	1/32"	17	
					6	17.5	47.5					
					9	13.5	61.0					
1					12	11.0	72.0					
					15	9.5	81.5					
					18	8.5	90.0					
					21	7.0	97.5					

V ml

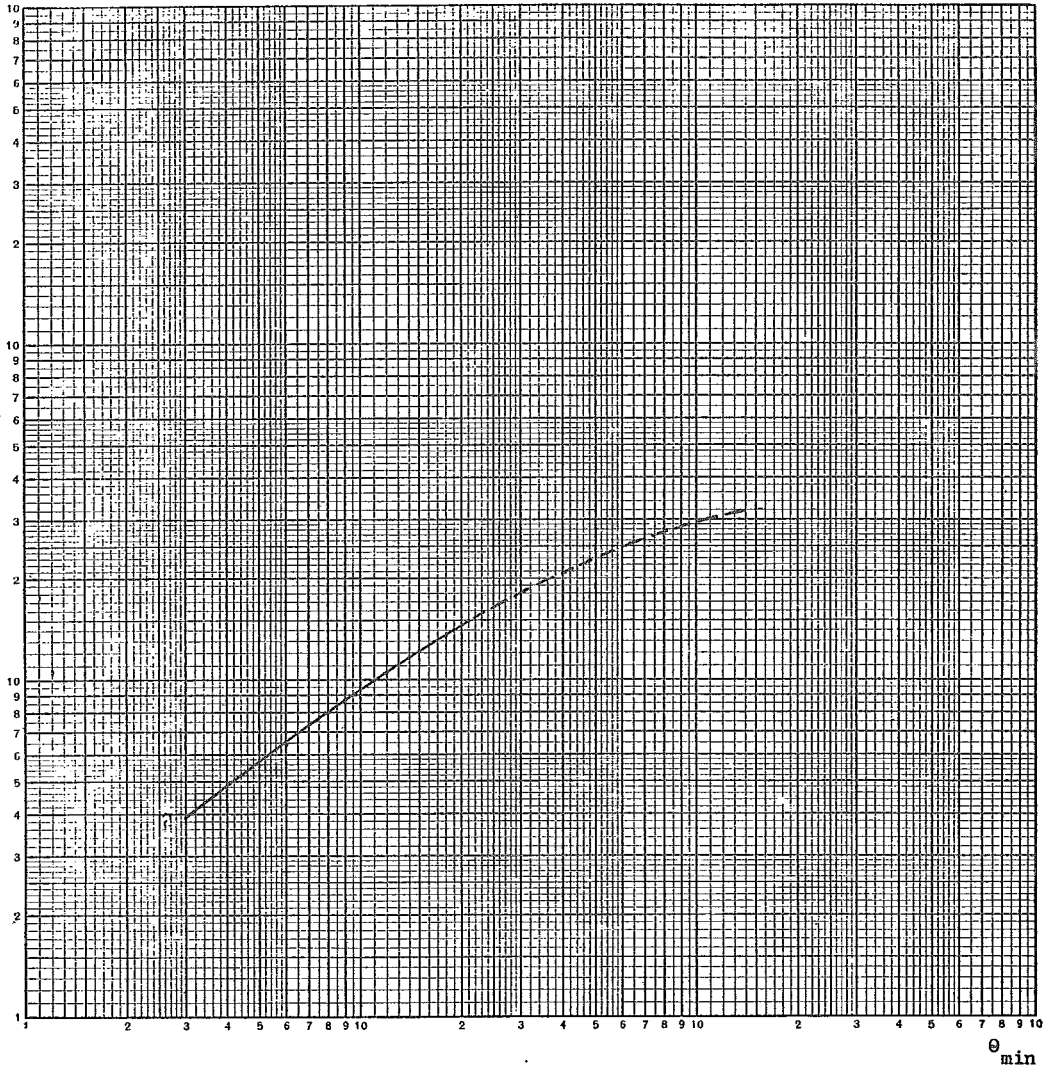


theta min

Prueba No. 2

Pr	P	T	%F.A.	Tipo	Ø	v	V	D	A	L	Clar. U.H.	gal/hr pie ²
2	10	2	0.1	Celite 505	3	39.5	39.5	2.140"	0.0250	2/32"	.19	
					6	25.5	65.0					
					9	21.0	86.0					
					12	19.0	105.0					
					15	16.0	121.0					
					18	15.5	136.5					
					21	13.5	150.0					

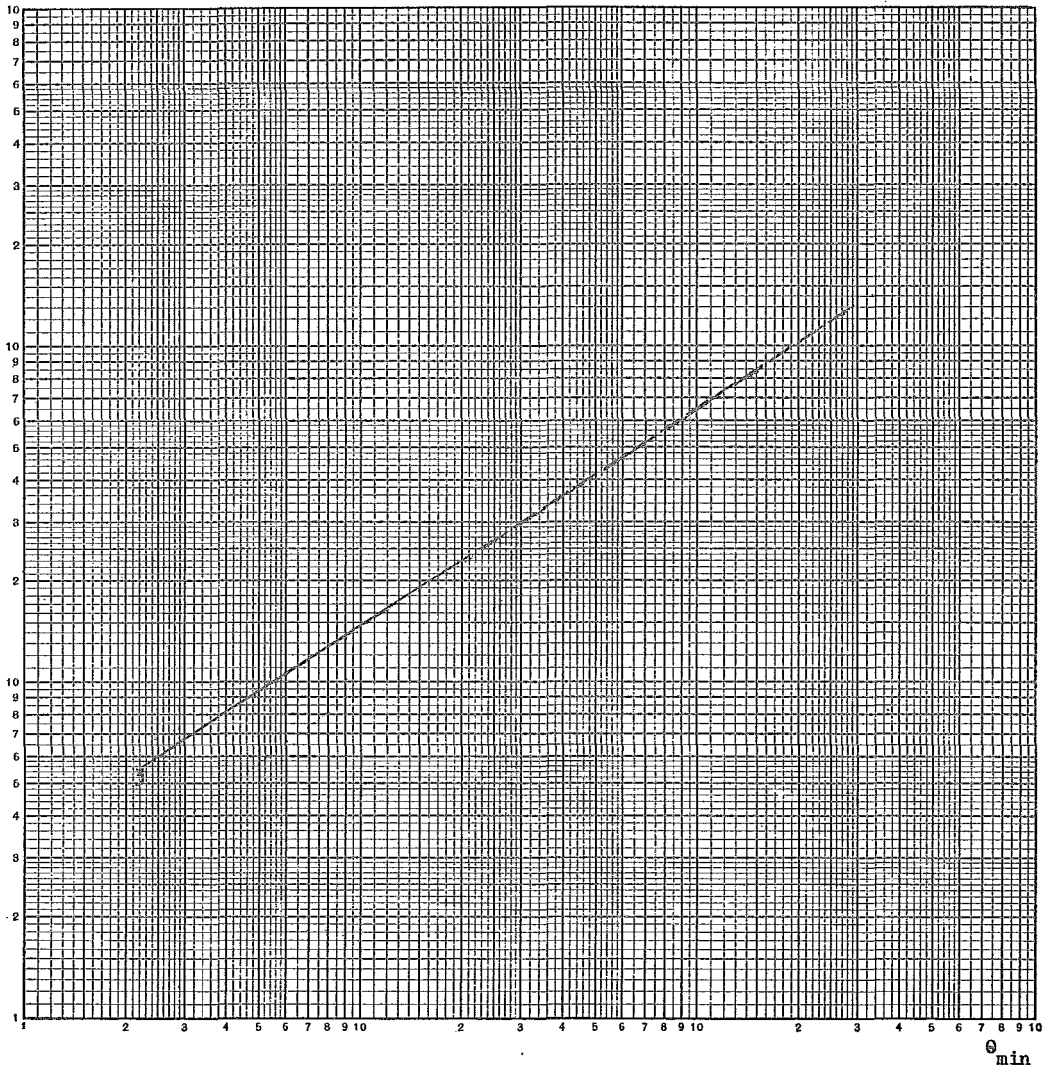
γ ml



Prueba No. 3

Pr	P	T	%F.A.	Tipo	Ø	v	V	D	A	L	Clar. U.H.	gal/hr pie ²
	10	2	0.1	Cellite	3	67.5	67.5	2.140"	0.0250	2/32	20	
				577	6	37.5	105.0					
					9	30.0	135.0					
					12	27.0	162.0					
3					15	26.0	188.0					
					18	22.0	210.0					
					21	22.0	232.0				2.89	

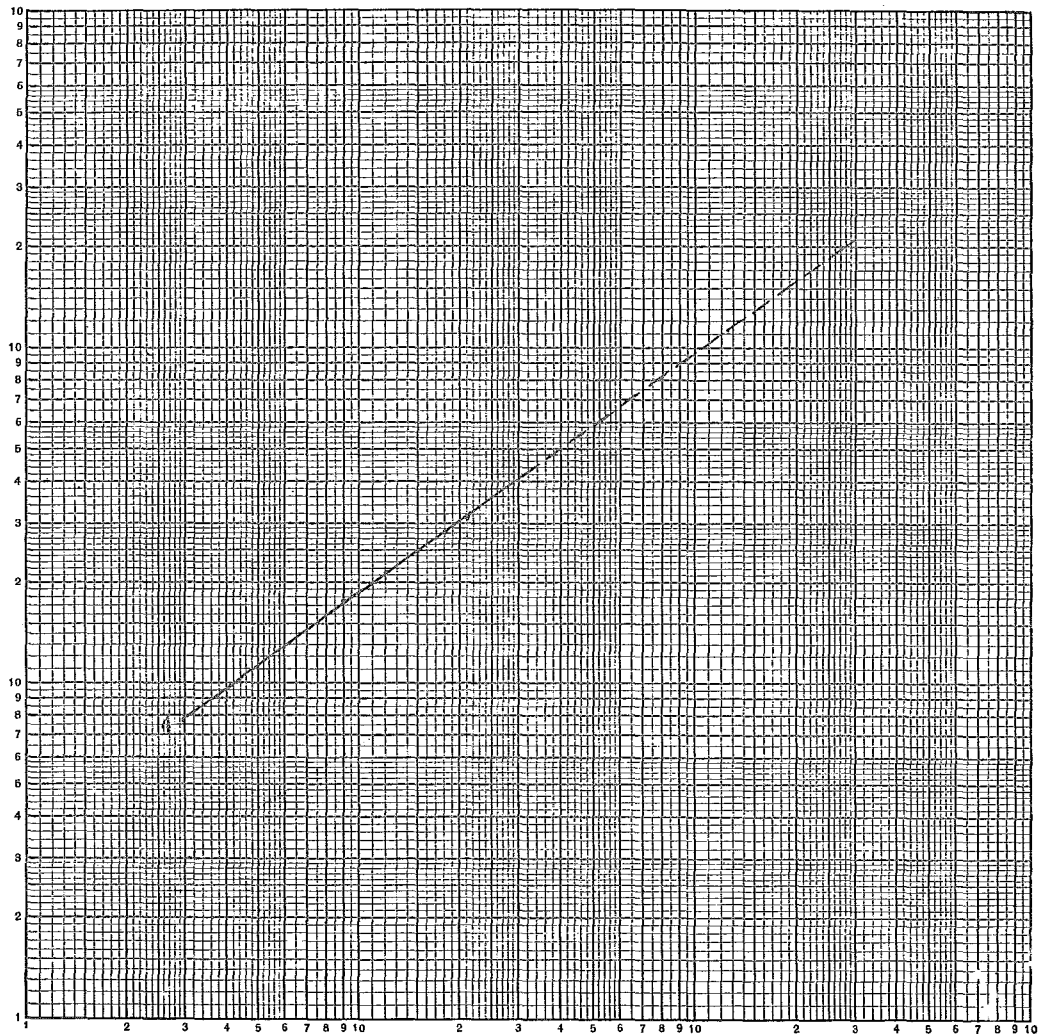
V ml



Prueba No. 4

Pr	P	T.	%F.A.	Tipo	θ	v	V	D	A	L	Clar. U.H.	gal/hr pie ²
4	10	2	0.2	Celite 577	3	78.0	78.0	2.140"	0.0250	3/32	21	
					6	52.0	130.0					
					9	43.0	173.0					
					12	39.0	212.0					
					15	38.0	250.0					
					18	34.0	284.0					
					21	26.0	310.0					4.59

V ml

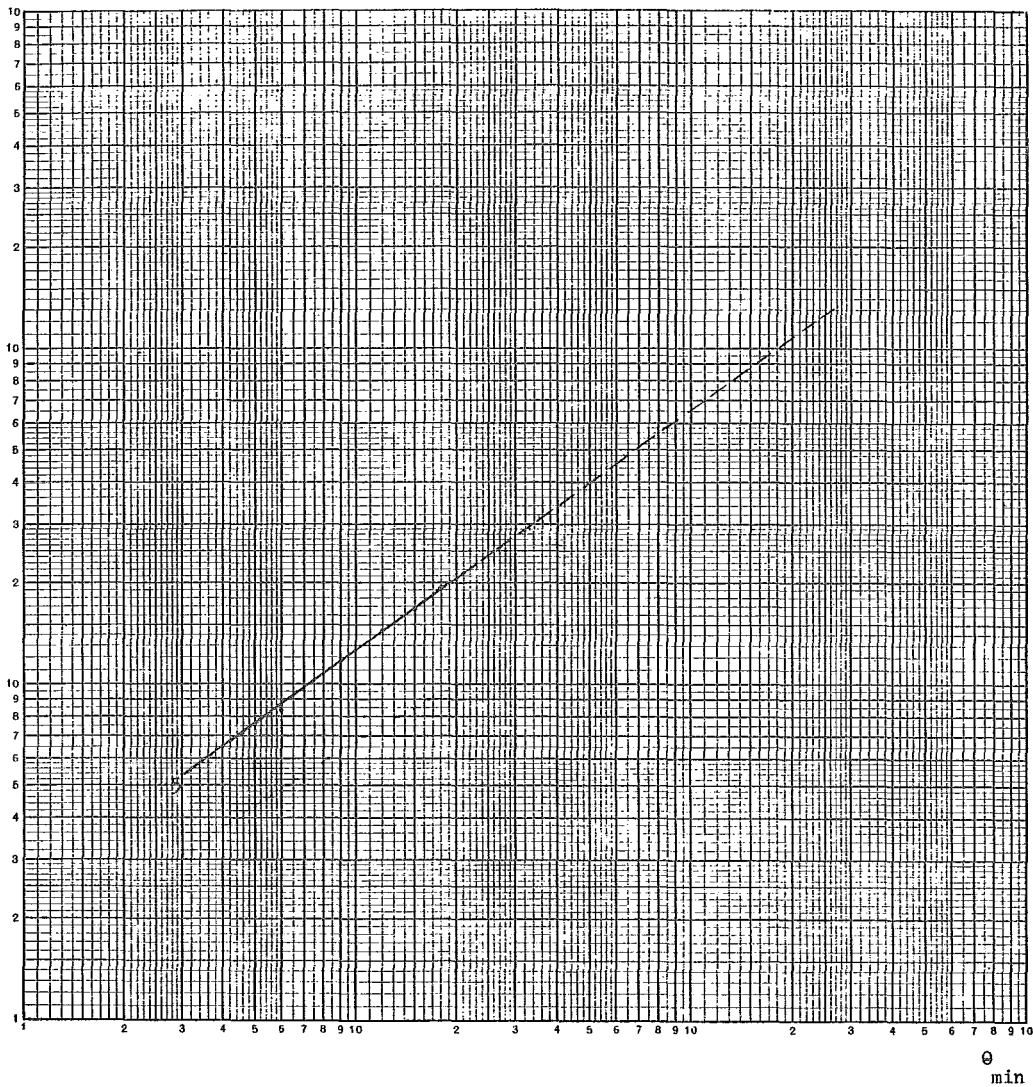


theta min

Prueba No. 5

Pr	P	T	%F.A.	tipo	Ø	v	V	D	A	L	Clar. U.H.	gal/hr pie ²
	10	2	0.3	Celite	3	54.0	54.0	2.140"	0.0250	4/32"	23	
				577	6	34	88.0					
					9	30	118.0					
					12	27	145.0					
5					15	23	168.0					
					18	24	192.0					
					21	22	217.0					

V ml



donde:

Pr	Número de prueba
P	Presión manométrica leída en el indicador de presión equivalente a la caída de presión utilizada. lbs/pulg ²
T	Temperatura °C
%FA	Porcentaje de filtro-ayuda utilizado
θ	Tiempo min.
v	Volumen colectado al final de cada intervalo de tres minutos ml.
V	Volumen total al tiempo indicado ml.
D	Diámetro de la hoja usada pulg.
A	Area correspondiente de filtración pie ²
L	Espesor de torta al final de la prueba de 21 minutos pulg.
Clar	Claridad observada Unidades Helm

La prueba número 1 se efectuó con 0.1% de filtro-ayuda (Filtercel) a una presión de 10 lbs/pulg² y a 2 °C de temperatura. A los tres primeros minutos se observó un flujo el cual caía dentro de los límites de 20 a 350 ml., con lo que se siguió hasta completar la prueba de 21 minutos, pero al graficar se obtuvo una curva con tendencia a descender por lo que se descartó este tipo de filtro-ayuda.

Se efectuó una segunda prueba usando ahora como filtro-ayuda Celite 505 al 0.1% y a las mismas condiciones de operación observandose que el flujo caía dentro de los límites en el tiempo de tres minutos por lo que se -- continuó la prueba hasta los 21 minutos, observandose al graficar una curva con tendencia a descender por lo que se descartó este tipo de filtro-ayuda.

La prueba número 3 se efectuó usando como filtro-ayuda Celite 577 a una concentración de 0.1% y a las mismas condiciones de operación que las -- pruebas anteriores observandose que el flujo cae dentro de los límites de-- seados, al cabo de 21 minutos se obtuvo un flujo total mayor que en las --- pruebas anteriores y de una claridad bastante aceptable. Al graficar los - datos obtenidos dá una recta de pendiente positiva mayor de 0.5 lo que de-- termina que este es el tipo de filtro-ayuda adecuado. La extrapolación de-- los datos a cuatro horas y media arrojan un flujo de:

$$\text{Filtrabilidad} = \frac{\text{gal}}{\text{hr pie}^2} = \frac{\text{ml. flujo}}{\text{ciclo en horas}} \times \text{factor}$$

$$\frac{\text{gal}}{\text{hr pie}^2} = \frac{1230}{4.5} \times 0.0106 = 2.89$$

$$2.89 \frac{\text{gal}}{\text{hr pie}^2} \times 400 \text{ pies}^2 = 1156 \frac{\text{gal}}{\text{hr}}$$

$$1156 \frac{\text{gal}}{\text{hr}} \times \frac{3.785 \text{ lts}}{\text{gal}} \times \frac{1 \text{ hls}}{100 \text{ lts}} = 44.85 \frac{\text{hls}}{\text{hr}}$$

pero como la presión de trabajo es de 80.85 $\frac{\text{lbs}}{\text{pulg}^2}$ tenemos que:

$$F_2 = \sqrt{\frac{P_2}{P_1}} F_1$$

$$F_2 = \sqrt{\frac{80.85}{10}} 44.85$$

$$F_2 = 2.85 \times 44.85$$

$$F_2 = 127.9 \frac{\text{hls}}{\text{hr}}$$

Lo que da muy abajo del flujo requerido por lo que se efectuó una - siguiente prueba.

Para la prueba número 4 se usó 0.2% de Celite 577 los resultados ob- tenidos son como se muestra en la gráfica, la claridad de la muestra fue - buena. De la extrapolación de los datos se tiene:

$$\frac{\text{gal}}{\text{hr pie}^2} = \frac{1950}{4.5} \times 0.0106 = 4.59$$

$$4.59 \frac{\text{gal}}{\text{hr pie}^2} \times 400 \text{ pies}^2 = 1836 \frac{\text{gal}}{\text{hr}}$$

$$1836 \frac{\text{gal}}{\text{hr}} \times \frac{3.785 \text{ lts}}{\text{gal}} \times \frac{1 \text{ hls}}{100 \text{ lts}} = 69.49 \frac{\text{hls}}{\text{hr}}$$

Para la presión de trabajo se tendría un flujo de:

$$F_2 = 2.85 \times 69.49$$

$$F_2 = 198 \frac{\text{hls}}{\text{hr}}$$

Como se observa con este porcentaje y tipo de filtro-ayuda obtendríamos el flujo necesario para absorber el excedente en la producción.

Se repitió la prueba obteniéndose los mismos resultados.

Se efectuó una quinta prueba aumentando a 0.3% la concentración de filtro-ayuda en las mismas condiciones de presión y temperatura observando se que el flujo disminuyó en los 21 minutos, por lo que se concluye que la cuarta prueba es la adecuada a nuestros requerimientos.

El espesor de torta que se obtuvo en la prueba número 4 fue de 3/32-de pulgada. Por lo tanto con una proporción calculamos el espesor que se tendrá en el ciclo de 4 horas y media.

$$\text{Espesor total} = \frac{\text{Espesor de torta} \times \text{volumen del ciclo total}}{\text{Volumen total del ciclo de 21 min.}}$$

$$\text{Espesor total} = \frac{0.0937 \text{ pulgs.} \times 1950 \text{ ml.}}{310 \text{ ml.}}$$

$$\text{Espesor total} = 0.58 \text{ pulgs.}$$

De este resultado se ve claramente que el ciclo de 4 horas y media-
no será limitado por el espacio disponible de torta que es de 1 pulg.

5) DATOS OBTENIDOS ESCALA INDUSTRIAL

Para comprobación de los datos obtenidos de la prueba del laborato-
rio No. 4 se efectuaron varias pruebas a escala Industrial usando 0.2% de
filtro-ayuda Celite 577 como dosificación, el promedio de los resultados -
obtenidos se muestra en la siguiente tabla:

Tiempo (hr)	Volumen (hls)	Claridad
1	260	buena
2	500	"
3	700	"
4	850	"
4.5	900	"

$$\text{Promedio} = 200 \frac{\text{hls}}{\text{hr}}$$

Claridad en el tanque 22 Unidades Helm

Claridad al día siguiente 21 Unidades Helm

Como se observa el volumen total filtrado es de 900 hls., que pa-
ra el ciclo de 4 horas y media da un flujo promedio de 200 hls/hr; la dife-
rencia que existe con relación al valor obtenido en las pruebas del labora-
torio puede deberse a las variaciones normales que existen cuando se pasa -

de una prueba de laboratorio en condiciones óptimas y casi ideales a una - en escala Industrial con las variaciones normales como son variaciones en la homogeneidad de la cerveza que llega de los tanques de reposo y variación en las presiones durante la filtración.

C A P I T U L O IV

C O S T O S

Analisis para la comparación en los costos a las condiciones actuales de operación y a las condiciones propuestas para un ciclo de trabajo de 4.5 horas.

1) CONDICIONES ACTUALES DE OPERACION

A) Costo por mano de obra:

Se requieren dos operarios para el funcionamiento del filtro siendo:

1 técnico en el manejo del filtro con un sueldo de	\$ 60.00
1 ayudante con sueldo de	<u>\$ 50.00</u>
Total	\$ 110.00 por -
	turno (8 horas)

Para el ciclo de 4.5 hrs. se tiene un costo de:

$$\frac{\$ 110.00}{8 \text{ hrs.}} \times 4.5 \text{ hrs.} = \$ 61.75$$

B) Costos de servicios:

a) Costo de la energía eléctrica:

Bombas de alimentación.- Para la alimentación de la cerveza hacia el filtro se requieren 2 bombas, una que se encuentre en la sala donde esta la cerveza reposando y otra en la sala de filtración, siendo estas bombas de 10 HP cada una y su costo por ciclo es de:

$$\frac{\text{Costo}}{\text{Ciclo}} = \text{HP} \times 0.746 \text{ Kw/HP} \times \text{Tiempo} \times \text{costo Kw-hr}$$

$$\frac{\text{Costo}}{\text{Ciclo}} = 10 \text{ HP} \times 0.746 \text{ Kw/HP} \times 4.5 \text{ hrs.} \times \$ 0.40/\text{Kw-hr} \times 2$$

$$\frac{\text{Costo}}{\text{Ciclo}} = \$ 26.84$$

Bomba dosificadora de filtro-ayuda.- Para la dosificación del filtro-ayuda se cuenta con una bomba de 1/3 HP y su costo por ciclo es de:

$$\frac{\text{Costo}}{\text{Ciclo}} = 0.33 \text{ HP} \times 0.746 \text{ Kw/HP} \times 4.5 \text{ hrs.} \times \$ 0.40/\text{Kw-hr}$$

$$\frac{\text{Costo}}{\text{Ciclo}} = \$ 0.44$$

Agitación.- Se cuenta con un agitador para remover la sus pensión de cerveza y filtro-ayuda que se tiene en el tanque de pre-capa y dosificación siendo este agitador de 1/2 HP y con un tiempo de trabajo por ciclo de 5.25 hrs. con un costo de:

$$\frac{\text{Costo}}{\text{Ciclo}} = 0.5 \text{ HP} \times 0.746 \text{ Kw/HP} \times 5.25 \text{ hrs.} \times \$ 0.40/\text{Kw-hr}$$

$$\frac{\text{Costo}}{\text{Ciclo}} = \$ 0.77$$

Bomba para la formación de la precapa.- Para la formación de la precapa en el filtro se cuenta con una bomba de 7.5 HP y un tiempo de trabajo de 20 minutos por ciclo de operación teniendo un costo de:

$$\frac{\text{Costo}}{\text{Ciclo}} = 7.5 \text{ HP} \times 0.746 \text{ Kw/HP} \times 0.332 \text{ hrs} \times \$ 0.40/\text{Kw-hr}$$

$$\frac{\text{Costo}}{\text{Ciclo}} = \$ 0.76$$

Bomba de lavado.- Para el lavado del filtro se cuenta con una bomba de 7.5 HP y un tiempo de 10 minutos y siendo el costo de:

$$\frac{\text{Costo}}{\text{Ciclo}} = 7.5 \text{ HP} \times 0.746 \text{ Kw/HP} \times 0.166 \text{ hr.} \times \$ 0.40/\text{Kw-hr}$$

$$\frac{\text{Costo}}{\text{Ciclo}} = \$ 0.37$$

Enfriamiento.- Se cuenta con una compresora de amoniaco para el enfriamiento de la cerveza de 3 °C a -2 °C y el costo del ciclo es de:

Aplicando la fórmula: $Q = W C_p \Delta T$

donde: $W = 15,000 \text{ dm}^3/\text{hr} \times \text{Peso específico de la cerveza}$

$$W = 15,000 \text{ dm}^3/\text{hr} \times 1.05 \text{ Kg}/\text{dm}^3$$

$$W = 15,750 \text{ Kg}/\text{hr}$$

$$C_p = 0.93 \text{ K Cal}/\text{Kg } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = T_2 - T_1$$

$$\Delta T = 3 - (-2)$$

$$\Delta T = 5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

sustituyendo en la fórmula tenemos

$$Q = 15,750 \text{ Kg}/\text{hr} \times 0.93 \text{ K Cal}/\text{Kg } ^\circ\text{C} \times 5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Q = 73,237.5 \text{ K Cal}/\text{hr}$$

y como 1 tonelada de refrigeración es igual a 3030 K Cal/hr tenemos-
que:

$$Q = 73,237.5 \text{ K Cal}/\text{hr} \times 1 \text{ T. R.}/3030 \text{ K Cal } /\text{hr}$$

$$Q = 24.17 \text{ T. R.}$$

siendo el costo por ciclo de:

$$\frac{\text{Costo}}{\text{Ciclo}} = 24.17 \text{ T. R.} \times 1.3 \text{ HP}/\text{T.R.} \times 0.746 \text{ Kw}/\text{HP} \times 4.5 \text{ hrs.} \times \$0.40/\text{Kw-hr}$$

$$\frac{\text{Costo}}{\text{Ciclo}} = \$ 42.20$$

b) Costo de agua:

Agua de lavado: Se tiene un gasto de 250 lts/min de agua-- y su costo es de \$ 0.80/m³ de agua y con un tiempo de lavado de 10 minutos lo cual ocasiona un costo de:

$$\frac{\text{Costo}}{\text{Ciclo}} = 10 \text{ min.} \times 250 \text{ lts/min} \times 1 \text{ m}^3/1000 \text{ lts} \times \$ 0.80/\text{m}^3$$

$$\frac{\text{Costo}}{\text{Ciclo}} = \$ 2.00$$

c) Costo del filtro-ayuda

a) Filtro-ayuda para la formación de la precapa.- Esta precapa se forma con un filtro-ayuda especial estando formado con tierra de diatomea y fibras de asbesto, utilizandose 45 Kg y su costo es de \$ 3.60 por Kilogramo, siendo el costo total de la precapade:

$$\frac{\text{Costo}}{\text{Ciclo}} = 45 \text{ Kg} \times \$ 3.60/\text{Kg}$$

$$\frac{\text{Costo}}{\text{Ciclo}} = \$ 162.00$$

b) Filtro-ayuda para la dosificación.- Se tiene un flujo de 67,500 lts/ciclo y se esta utilizando un 0.3% de filtro-ayuda en la dosificación con un costo de \$ 1.15/Kg ocasionando por lo tanto un costo por ciclo de:

$$\frac{\text{Costo}}{\text{Ciclo}} = 67,500 \text{ lts} \times 3 \text{ g/lit.} \times 1 \text{ Kg}/1000 \text{ g} \times \$ 1.15/\text{Kg}$$

$$\frac{\text{Costo}}{\text{Ciclo}} = \$ 232.87$$

El costo total del ciclo en las condiciones actuales de trabajo es de:

Mano de obra	\$ 61.75
Costos de servicios	73.38
Costo del filtro-ayuda	<u>394.87</u>
Total	\$ 530.00

El costo por Hectolitro filtrado es de:

$$\frac{\text{Costo}}{\text{hls}} = \frac{\$ 530.00}{675 \text{ hls}}$$

$$\frac{\text{Costo}}{\text{hls}} = \$ 0.787$$

$$\text{Costo de operación} = 0.787 \frac{\$}{\text{hls}}$$

2) CONDICIONES PROPUESTAS DE OPERACION

Como no se va a modificar el equipo ni el ciclo de operación únicamente habrá variación en los costos correspondientes al trabajo de la compresora que tendrá que enfriar un volumen mayor de cerveza y al costo en cuanto se refiere al nuevo tipo de filtro-ayuda y dosificación, permaneciendo los demás valores de costos constan -

tes.

Por lo tanto:

$$\text{Según la fórmula } Q = W C_p \Delta T$$

$$\text{donde: } W = 19,800 \text{ dm}^3/\text{hr} \times 1.05 \text{ Kg/dm}^3$$

$$W = 20,790 \text{ Kg/hr}$$

$$C_p = 0.93 \text{ K Cal/Kg } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 5^\circ\text{C}$$

Sustituyendo en la fórmula tenemos:

$$Q = 20,790 \text{ Kg/hr} \times 0.93 \text{ K Cal/Kg } ^\circ\text{C} \times 5 ^\circ\text{C}$$

$$Q = 96,673 \text{ K Cal/hr}$$

$$Q = 96,673.5 \text{ K Cal/hr} \times 1 \text{ T. R.} / 3030 \text{ K Cal /hr}$$

$$Q = 31.9 \text{ T.R.}$$

$$\frac{\text{Costo}}{\text{Ciclo}} = 31.9 \text{ T.R.} \times 1.3 \text{ HP/T.R.} \times 0.746 \text{ Kw/HP} \times 4.5 \text{ hr} \times \$ 0.40/\text{Kw-hr}$$

$$\frac{\text{Costo}}{\text{Ciclo}} = \$ 55.70$$

Costo de Filtro-ayuda para la dosificación.- Se tiene una filtración de 89,100 lts/ciclo y se utiliza un 0.2% de filtro-ayuda en la dosificación con un costo de \$ 1.75/Kg ocasionando por lo tan to un costo para el ciclo de:

$$\frac{\text{Costo}}{\text{Ciclo}} = 89,100 \text{ lts} \times 2 \text{ g/l} \times 1 \text{ Kg/1000 g} \times \$ 1.75/\text{Kg}$$

$$\frac{\text{Costo}}{\text{Ciclo}} = \$ 311.85$$

El costo total del ciclo para las condiciones propuestas -
de trabajo es de:

Mano de obra	\$ 61.75
Costos de servicios	86.88
Costo de filtro-ayuda	<u>473.85</u>
Total	\$ 622.48

El costo por Hectolitro filtrado es de:

$$\frac{\text{Costo}}{\text{hls}} = = \frac{\$ 622.48}{891 \text{ hls}}$$

$$\frac{\text{Costo}}{\text{hls}} = \$ 0.698$$

$$\text{Costo de operación} = 0.698 \frac{\$}{\text{hls}}$$

TABLA COMPARATIVA DE COSTOS PARA EL CICLO DE CUATRO Y MEDIA HORAS

CONDICIONES ACTUALES			CONDICIONES PROPUESTAS		
BASE: 150 Hls/hr x 4.5 hrs/ciclo = 675 Hls/ciclo			BASE: 198 Hls/hr x 4.5 hrs/ciclo = 891 Hls/ciclo		
CONCEPTO	COSTO/CICLO	COSTO TOTAL	CONCEPTO		
A) MANO DE OBRA	\$ 61.75	61.75	A) MANO DE OBRA	\$ 61.75	61.75
B) COSTO DE SERVICIO		\$ 73.38	B) COSTO DE SERVICIO		86.88
a) Costo de energía eléctrica	71.38		a) Costo de energía eléctrica	84.88	
b) Costo de agua de servicio	2.00		b) Costo de agua de servicio	2.00	
C) COSTO DE FILTRO AYUDA		\$ 394.87	c) COSTO DE FILTROAYUDA		\$ 473.85
a) Costo de filtro-ayuda para la formación de precapa	162.00		a) Costo de filtro-ayuda para la formación de precapa	162.00	
b) Costo de filtro-ayuda para la dosificación.	232.87		b) Costo de filtro-ayuda para la dosificación	311.85	
	<u>\$ 530.00</u>	<u>\$ 530.00</u>		<u>\$622.48</u>	<u>\$ 622.48</u>
COSTO/Hls. FILTRADO = $\frac{530.00 \text{ \$/CICLO}}{675 \text{ Hls /CICLO}} = \$ 0.787/\text{Hls.}$			COSTO/Hls FILTRADO = $\frac{622.48 \text{ \$/CICLO}}{891 \text{ Hls./CICLO}} = 0.698/\text{Hls.}$		

La diferencia de costo por Hectólitro filtrado entre las condiciones actuales y las propuestas nos arroja el siguiente - resultado:

0.787 \$/Hls. - 0.689 \$/Hls = 0.089 \$/Hls.de ahorro
 sabiendo que se van a tener que filtrar 4050 Hls./día y trabajan-
 do 22 días/mes nos arrojará un ahorro anual de:

4050 Hls./día x 22 días/mes x 12 meses/año x 0.089 \$/Hls. = \$ 95,158.80

C A P I T U L O V

C O N C L U S I O N E S

Mediante trabajo de experimentación efectuado en un filtro piloto y comprobado posteriormente a escala industrial, se encontró el tipo y dosificación óptima de filtro ayuda (Celite 577 Dosificado al 0.2%) con el cual se logró incrementar la producción en 32% o sea de 675 Hls/ciclo iniciales a 891 Hls/ciclo. Obtenidos dentro de las normas fijadas por control de calidad en cuanto a brillantez sanidad biológica y estabilidad coloidal como se vio en el Cap III.

Este incremento en la capacidad de filtración, trajo como consecuencia una disminución en los costos de producción ya que se obtuvo una economía por Hectolitro filtrado de 11.3% lo que representa \$ 95,158.80 anuales según Cap IV.

Este estudio se realizó con la finalidad de absorber un excedente máximo de producción de 900 Hls/día para un período de 2 años el cual resultará insuficiente después de este lapso de tiempo, pues estudios de Mercadotecnia permiten preveer un aumento en la producción de 500,000 Hls para 1975, cantidad que solamente podría absorberse con la adquisición de un nuevo equipo de filtración, ya que en el estudio realizado se observó lo siguiente:

En el capítulo II se analizan las variables de filtración observándose que la única que pudo ser modificada fué la resistencia específica de la Torta (r) esta involucra dos factores, la constante " C " y el factor de compresibilidad " S ", indicando el tipo de Filtro- Ayuda y su distribución de partículas para aumentar la velocidad de flujo. (la cual fue optimizada en este trabajo).

La otra posibilidad de incrementar el flujo de filtración es mediante el aumento del área de filtración ya que las demás variables están limitadas por las características del equipo de filtración y propiedades de la cerveza que son, la presión el espesor de la torta y la viscosidad.

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

- 1.- Jean de Clerk
A Textbook of Brewing
Vol I Chapman & Hall, Ltd London (1957)
- 2.- W. P. K. Findlay
Modern Brewing Tecnology (1971)
- 3.- Purchas D. B.
s Industrial Filtration of Liquids
Leonard Hill London (1967)
- 4.- Dickey George-Filtration
Reinhold Publishing Co.
Chemical División series
- 5.- Eaton-Dickeman Co.
Handbook of Filtration
Pennsylvania (1960)
- 6.- Hoffing & Lockart
Resistance to Filtration
Chemical Engineering Progress Vol 47 N° 1 January (1951)
- 7.- Perry J. H.
Manual del Ingeniero Químico
U. T. E. H. A. México (1959)
- 8.- Neu, Kobata & Leppla



Laboratory Scale Precoat Filter Test Leaf, 36 th National
Meeting American Institute of Chemical Engineers
Seattle Washington June 9 - 12 (1957)

- 9.- Foelking N, J. & Goldsmith F. C.
Clarification by Filtration
The Lubrizol Corporation Cleveland Ohio IV - 5 - 1960 U. S. A.
- 10.- Estudio de algunas tierras de diatomeas
en relación con la filtración de la cerveza
J. Serrano de Pablo Enero (1954)
- 11.- La tecnología y economía de la clarificación de cerveza
por métodos de filtración por diatomita, filtro de pulpa
y centrifugación.
Parte I G. Krauss Brawelt N° 21 B
Parte II G. Krause Brawelt N° 22 B
1954
- 12.- Boletín N° C - I - 65 m
Johns Manville Corp.
N. Y. (1969)
- 13.- Catálogo N° FA-84A
Johns Manville Corp.
N. Y. (1970)
- 14.- Celite Filter Aids
Johns Manville Corp.
(1972)