


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**Facultad de Ingeniería Industrial**



PLAN DE " RECUPERACION DE LANOLINA"  
A PARTIR DE LAS AGUAS DE LAVADO  
DE LA LANA

TESIS PRESENTADA POR LOS BACHILLERES:  
MARTHA MIRES S,           y           ROSA ROMERO C.  
PARA OPTAR EL GRADO DE INGENIEROS INDUSTRIALES

LIMA - PERU  
**1965**

S U M A R I O

- 1.- Introducción
- 2.- Resumen y conclusiones
- 3.- Historia
- 4.- Materia Prima
- 5.- Tratamiento previo y lavado de la lana
  - Métodos de lavado
  - Estado actual de las instalaciones
  - Acción del detergente
  - Acción del álcali
- 6.- Métodos existentes para la obtención de la lanolina
  - Directamente de la lana antes del lavado
  - Del solvente utilizado en el lavado de la lana
- 7.- Proceso escogido
  - Descripción del proceso
  - Sedimentación
  - Calentamiento
  - Separación primaria
  - Separación secundaria - Concentración
  - Separación terciaria - Purificación
- 8.- Descripción y principio de funcionamiento de la maquinaria
- 9.- Producto
  - Lanolina - Sus propiedades y composición
  - Propiedades físicas
  - Composición química
  - Características del producto obtenida
  - Usos
- 10.- Mercado y Estadísticas
- 11.- Capacidad de Producción
- 12.- Balance de materias
- 13.- Ubicación de la planta
- 14.- Cálculo de necesidades
  - Consumo de energía eléctrica
  - Consumo de combustible
  - Consumo de agua
- 15.- Cálculo del equipo
- 16.- Estudio económico
  - Costo del equipo
  - Gastos de formación de sociedad
  - Gastos de instalación del equipo
  - Costo del producto
  - Determinación de la utilidad
  - Determinación del capital
  - Retorno a la inversión
- 17.- Punto de equilibrio
- 18.- Bibliografía

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

El objeto del lavado de la lana es dejarla libre de la tierra grasa é impurezas que la acompañan, para poder así ser utilizada en hilados y posteriormente en la fábrica de tejidos. Pero este lavado de la lana trae consigo un serio problema, ya que las aguas residuales alcanzan fácilmente el estado de putrefacción lo que origina una gran contaminación en las corrientes de desagüe.

En este estudio, lo que se trata de indicar es el método para la mejor recuperación de la lanolina a partir de las aguas de lavado de la lana. Con ésta recuperación, las aguas residuales serían mínimas, puesto que gran parte se podría recircular, bajando el índice de contaminación considerablemente; además, la obtención de la lanolina justifica la inversión de la planta de recuperación ya que es un producto de gran aplicación, especialmente en cosméticos y farmacia.

Desde que el consumo de este producto (lanolina) en el país no es muy grande, se verá que el mercado interno puede ser cubierto perfectamente y el sobrante de la producción, exportada, lo que daría a ésta nueva industria en el país, la importancia que le corresponde.

### RESUMEN Y CONCLUSIONES

- Contenido de lanolina en las aguas de lavado : 2.32%
- Características del producto:
  - Humedad 1%
  - Acidez 1%
  - Impurezas y Cenizas 0.25%
  - Color limón pálido
  - Olor suave , casi inodoro
- Consumo nacional de lanolina : 20 tons./año
- Cantidad de lana sucia tratada: 5,000 kgs/día
- Porcentaje de lanolina contenida en lana sucia: 15%
- Porcentaje de lanolina recuperable en base a lana sucia: 4.5%
- Eficiencia con que trabajaría la planta: 76.25%
- Producción de lanolina: 65 tons/año.
- Capacidad de producción de la planta de recuperación de lanolina en relación con la lanolina obtenible del consumo nacional de lana: 48.5%

El resto del líquido, suficientemente concentrado, se conducía a unos hornos de solera en los que evaporaba a sequedad é incineraba lixiviando luego metódicamente las cenizas, ricas en sales de potasio, sobre todo el carbonato y aplicable a la fabricación de jabones blandos ó empaste.

En el año 1920, Duhamel introdujo en Europa un sistema de lavado de lana con agua, en el que no se usaba sosa y se empleaba muy poco jabón.

El detergente principal era el líquido residual de lavados anteriores de la lana. El sistema se basaba en la eliminación de la suciedad y de la grasa de los primeros líquidos del lavado y se efectuaba con una serie de centrifugas. En lo que concernía al lavado, el sistema funcionó bien, pero se presentaron dificultades por la acumulación de sólidos pesados en la centrifuga que podía vencer estas dificultades y con ello hizo posible la separación continua de suciedad, lanolina y solución de jabón limpia.

## TRATAMIENTO PREVIO Y LAVADO DE LANA

### Generalidades.-

La lana antes de quedar en condiciones tales que pueda ser utilizada para hilado y posteriormente en la fabricación de tejidos, es necesario que sufra una serie de tratamientos físicos y químicos entre los que pueden mencionarse: el limpiado, lavado, desgrasado, remojado, blanqueado, cardado, peinado, hilado, teñido y tejido.

Para la conversión de la lana bruta en hilaza y tejido, el primer paso es tratar de eliminar la lanolina, el churre, la humedad, detritos e impurezas alimenticias que varían según el ambiente en que vive el animal, por medio de un lavado con detergente y soda cáustica.

De las aguas de lavado, puede obtenerse dos tipos de lanolina: una de alta calidad y libre de contaminantes que es la calidad cosmética y farmacéutica y otra recuperada como paso en un proceso destinado a convertir los líquidos acuosos de la limpieza de la lana en un efluente higienizado que pueda pasar a la alcantarilla. Este segundo tipo de lanolina es un producto bruto que contiene muchas impurezas.

### Tratamiento previo al lavado.-

La lana en bruto, procedente del esquila del ganado lanar, llega a los talleres completamente sucia. Ante todo, se procede a una selección de calidades, teniendo en cuenta las razas de los carneros y ovejas, la región del cuerpo que cubría y sobre todo, la clasificación de la "lana natural" para la tundida en el animal vivo y sano, que es la más estimada; "peladiza" la cortada en las pieles de ganado muerto; apelambrada la extraída por depilación en la industria de curtidos, etc. A la vez que se verifica el escogido y se separan las diversas calidades, se cortan con tijeras los nudos y apelonamientos que existen en los vellones, operación toda que se realiza por personal especializado y en grandes salas, ventiladas y sometidas a desinfección que evite el apollillado de la fibra.

La lana bruta contiene aproximadamente 50% de fibra pura y el resto de grasa, humedad e impurezas, entre las que domina el churre, que es el nombre que se da a la materia grasienta exudada por la piel del animal y que cubre los filamentos del textil.

### Lavado de la lana.-

La operación de lavado consiste en separar las sustancias sólidas

das solubles e insolubles y emulsiones y dispersar la grasa y constituyentes de la lana virgen. Después del lavado, la lana sale con porcentaje de grasa residual que varía entre 0.25% y 2.5% dependiendo del uso a que se le destine.

La lana se somete a un lavado con agua adicionada de agentes desgrasadores, que por emulsión ó disolución, limpian la fibra por completo de sus impurezas. En esta operación se tiene sumo cuidado con la solución alcalina que se utiliza, puesto que de acuerdo al punto isoeléctrico de la lana, comprendido entre 4.6 y 4.9, que es el que determina su comportamiento con las diferentes reactivos, se sabe que aún cuando no sea muy concentrada, la solución alcalina, produce una acción verdaderamente destructora de la fibra, originándole un estado quebradizo, que es siempre perjudicial.

Métodos de lavado.-

Desde el punto de vista puramente mecánico y de acuerdo a los tipos de máquinas para el lavado, existen dos métodos:

- Método Discontinuo
- Método Continuo con flujo en contracorriente

- Método Discontinuo.- Este sistema se utiliza cuando las tinas de la máquina ó leviatán son de fondo plano y poco profundo y el programa de lavado es intermitente. La lana va pasando de una tina a la otra accionada por rastrillos mecánicos y a través de rodillos exprimidores. Las tinas son lavadas después de un corto período de trabajo y cargadas inicialmente con la suficiente cantidad de productos químicos, a la temperatura de operación y en proporción suficiente para mantener un pH elevado a fin de contrarrestar la acción tamponadora (buffer) de las sales contenidas en la lana que inicialmente se disuelven. Después de pasar la lana, el pH de las cuatro primeras tinas baja rápidamente, siendo indispensable hacer adiciones de detergente y álcali para mantener una buena eficiencia en el lavado. Siguiendo esta práctica la quinta tina se llena de agua nueva para el enjuague. El agua de lavado del primer remojo de la primera tina y el de la quinta tina pasan al desagüe, mientras que la de la primera, segunda, tercera y cuarta van a la planta de recuperación en el caso de que exista, en caso contrario también se descargan al desagüe.

- Método continuo con flujo en contracorriente .- Este sistema se utiliza cuando las tinas del leviatán tienen fondo profundo seccionado y el programa de lavado permite operar durante 24 horas diarias. Las tinas son cargadas al empezar el lavado al igual que en el método discontinuo. Después de una hora de operación y cuando el sistema ha adquirido en la primera y tercera tina cierto equilibrio de concentración se agrega en la última tina un flujo continuo de agua fresca ele

vándose el nivel de licor del lavado hasta producir un rebose que por gravedad pasa a la tina anterior donde una bomba centrífuga lo mezcla con el resto del baño, sistema éste que se sucede de tina a tina hasta llegar a la primera en dirección contraria al flujo de la lana, donde sale para la planta de recuperación de grasa.

Como el licor del lavado fluye a través del sistema desde la tina de enjuague hacia la primera entrando en contacto con baños cada vez más sucios, su concentración en lodo, grasas solubles, etc. va siendo también cada vez mayor, alcanzando su máximo lógicamente en la primera tina.

Estado actual de las instalaciones.-

El lavado de la lana se realiza en leviatanes, dos en este caso particular. Cada leviatán constituye una línea de lavado completamente independiente.

Ambos leviatanes están formados por 5 tinas, cada una de las cuales tiene un juego de rodillos exprimidores.

La capacidad de cada tina es:

Leviatán N° 1	Leviatán N° 2
1.- 2900 lts.	1.- 4300 lts.
2.- 2900 lts.	2.- 4300 lts.
3.- 2200 lts.	3.- 5400 lts.
4.- 2200 lts.	4.- 3250 lts.
5.- 2200 lts.	5.- 3250 lts.

Primera tina.- Es utilizada para el tratamiento inicial con soda cáustica. El agua total se cambia cada 7 horas y está a una temperatura de 50°C.

Segunda tina.- Se va agregando soda cáustica cada 2 horas para un segundo tratamiento. El agua se cambia cada 14 horas siendo su temperatura de 46° C.

Tercera y Cuarta tina.- Se utilizan ambas para el tratamiento con detergente el cual se va agregando cada dos horas. El agua se cambia cada 14 horas siendo sus temperaturas de 44°C y 40°C respectivamente.

Quinta tina.- Aquí se realiza el enjuague con agua limpia a la temperatura de 35°C, cambiándose el agua cada 7 horas.



El total de soda cáustica utilizado diariamente es de 165 kgs. ; 78 kgs. en el leviatán N° 1 y 87 kgs. en el leviatán N° 2. El detergente utilizado es de 16 kgs. diarios: 8 kgs. en cada leviatán.

El leviatán N° 1 puede tratar hasta 175 kgs./hora de lana sucia y el leviatán N° 2, hasta 258 kgs./hora, lo que hace un total de 433 kgs./hora, pero actualmente trabajan más ó menos al 50% de eficiencia porque el total de lana sucia tratada diariamente es de 5000 kgs.

La lana una vez enjuagada en la 5ta. tina, pasa a través de un raspador que la va abriendo, a una estufa que es calentada con vapor a una temperatura de 80° a 100°C, saliendo de aquí con una humedad promedio de 17%, quedando así en condiciones para ser utilizada en el hilado.

La lana pasa inicialmente a un ventilador donde se le quita un gran porcentaje de tierra y suciedad. De aquí cae directamente a un rodillo con paletas radiales que está al principio de la primera tina el cual gira en sentido contrario al paso de la lana, de modo que las paletas obligan a la lana a sumergirse en el agua y pasan a la primera tina por debajo de dicho rodillo, evitando así que quede flotando ó que no se moje totalmente.

El acarreo de la lana a través de todo el leviatán se hace por medio de unos rastrillos que son accionados por excéntricas.

Acción que desempeña el detergente y el álcali en la separación de la grasa de la lana.-

#### 1.- Acción del detergente.-

Al alcanzar en la primera tina la temperatura de 50°C la atracción entre la sustancia grasa y la fibra es tan grande como la atracción molecular en la grasa misma; la grasa líquida permanecerá como una película firme é irrompible sobre la fibra. La función del detergente es romper esa atracción cambiándola de la grasa sobre la lana hacia el licor de lavado, rompiendo la película en una serie de partículas esféricas fácilmente emulsionables.

Tal estado permanecerá mientras haya suficiente detergente para envolver todas las superficies moleculares de la grasa; tan pronto en el baño baje la concentración a cierto mínimo se produce un reengrase de la fibra por rompimiento de la emulsión.

2.- Acción del álcali.-

Actua como constructor de detergencia. En el caso de utilizarse jabón retiene su hidrólisis de tal manera que el jabón es más efectivo en la formación de la película sobre la grasa; su comportamiento es similar al de una sal en forma tal que induce a los detergentes entrar a la interfase licor-grasa produciendo aquí una mayor concentración de moléculas que de otro modo para obtenerlas necesitaríamos alto porcentaje de detergente en el licor de lavado; en este caso el álcali reemplaza parcialmente al detergente.

El álcali desempeña también un papel importante en la saponificación de ácidos grasos libres que siempre contiene la grasa sucia.

## METODOS EXISTENTES PARA LA OBTENCION DE LA LANOLINA

### Generalidades.-

Las aguas de lavado de lana producen gran polución, por lo cual se han realizado grandes estudios sobre métodos para su purificación; y las posibilidades de recuperar la grasa de lana, soda caústica y el efluente, (con el fin de recircularse a las tinas de lavado), han dado mayor importancia a este trabajo.

Tanto se ha escrito sobre el tratamiento de las aguas de lavado de la lana que no es posible condensar toda la información en un estudio como éste; pero sí trataremos de resumir los más importantes.

La obtención de la lanolina puede realizarse de dos maneras:

#### I.- Directamente de la lana antes del lavado.-

##### 1.- Extrayendo la grasa de la lana bruta con nafta.-

Después de tratar la lana con nafta se somete a un proceso de batido y sacudido para remover gran cantidad de suciedad. Luego la lana es lavada; el agua de este lavado se purifica y se envía al desagüe sin peligro de contaminación. Por este proceso la lana se mantiene en mejores condiciones y la grasa obtenida es de mejor calidad que cuando se trata con soda y detergente, pero existe el inconveniente del alto costo de la maquinaria necesaria y el peligro de trabajar con un solvente inflamable.

##### 2.- Extrayendo la grasa por un método de helar la lana.-

Este método consiste simplemente en poner la lana bajo una temperatura suficientemente baja como para congelar la grasa y poder luego ser separada sacudiéndola.

La lana se pasa a través de unos rodillos para extraer en lo posible el aire que contenga, de estos rodillos es conducida a un departamento mantenido a 35°F; después pasa a un extractor de polvo ubicado al final del cuarto refrigerado, que remueve de 30 a 90% de las impurezas, de 60 a 94% de materia vegetal y de 30 a 70% de la grasa que contiene. La lana al salir de la refrigeración, lo hace a través de otro juego de rodillos que la echan a un baño con soda y detergente, después se seca y aceita antes de pasar al cardado.

II.- Del solvente utilizado en el lavado de la lana.-

A.- Cuando la lana es lavada con agua.-

- 1.- Método Acido.- Este es el método más antiguo para la recuperación de la grasa del agua de lavado de lana. Primeramente el líquido de lavado es enviado a un tanque para decantarlo y de aquí pasa a otro tanque suficientemente grande como para almacenar líquido de lavado de dos ó tres días. Luego es repartido en pequeños tanques "recuperadores de grasa" donde permanece hasta enfriarse, una vez frío se trata con una cantidad de  $H_2SO_4$  suficiente como para producir el "crack" de la emulsión de jabón; es necesario en esta etapa del proceso, llevar un control de pH y no dejar de agitar la solución. La mayor parte de la grasa saponificable se asienta como la borra, llevando consigo la mayor cantidad de la porción de grasa no saponificable; el resto sube a la superficie en una capa delgada. Después de una completa separación entre las dos capas de grasa, el líquido ácido se bota. A esta borra grasosa que queda, comúnmente se le quita el agua en filtros; el cake que queda es calentado con vapor y filtrado a presión para obtener la grasa. En algunos casos se pasa la grasa directamente de los tanques recuperadores a los filtros prensa, quitándole el agua después. El líquido de lavado de lana tratado por este método todavía produce gran contaminación; es ácido y tiene mucha materia orgánica en solución que pasa al estado de putrefacción apenas alcanza la neutralización. Si el líquido va a ser descargado directamente al desagüe, un tratamiento posterior es necesario. Este efluente puede ser tratado satisfactoriamente por precipitación química o por filtración biológica, pero cualquiera de estos dos métodos es sumamente costoso. Este proceso tiene poca aplicación en nuestros días debido a que requiere un gran espacio, la grasa obtenida es de una calidad inferior y el efluente obtenido es muy caro de purificar.
- 2.- Evaporación.- Este método es también conocido como proceso Smith Leach; consta de una evaporación parcial, centrifugación é incineración. Por ser un proceso bastante caro, no se ha usado mucho desde la primera guerra mundial.

El líquido de lavado, luego de separarle las partículas más pesadas de sólidos, se somete a una evaporación donde se reduce a una décima o quinceava parte de su volumen original. Cerca del 80% de agua evaporada se recupera por condensación. El líquido concentrado caliente se trata luego en un separador centrífugo. La solución potásica y la grasa se reciben en recipientes separados y la suciedad se remueve periódicamente en la máquina. El licor es luego evaporado y el residuo incinerado para la recuperación de las sales de potasio.

La grasa obtenida por éste método está libre de materia mineral y tiene un contenido bajo de ácidos grasos libres que la hacen más valiosa que la grasa obtenida por el método ácido.

Las ventajas de este proceso son:

- No hay líquido para descargar al desagüe.
- Deja sub-productos de valor.

Las desventajas son:

- Gran costo inicial del equipo.
- Elevado costo de producción.
- Actualmente tiene el inconveniente de ser anti-económico el recuperar las sales de potasio (50 a 70%) debido al bajo precio que tienen en el mercado.

- 3.- Proceso Duhamel.- Este método se desarrolló en Francia pero luego fueron construídas estas plantas en Inglaterra, Polonia, Italia y América, utilizando el método Duhamel en sí o una modificación de él. En principio este proceso depende del lavado preliminar de la lana con agua fría para así disolver las impurezas solubles en agua y remover tanto como sea posible la suciedad insoluble. Como las sales inorgánicas del agua sucia tienen poder emulsionante de grasa, este líquido clarificado, calentado a 120°F se usa en las bateas de lavado, (leviatanes). De la primera batea de lavado, el licor es continuamente pasado a través de supercentrífuga recobrando así la grasa que es luego lavada y recentrifugada. De este modo el agua utilizada en el lavado puede ser vuelta a usar por varios días ya que el separar la grasa y la suciedad le devuelve el poder de lavado. El exceso de agua sobre la cantidad necesaria para el lavado frío preliminar es evaporada después de la clarificación.

El agua evaporada es condensada para usarse nuevamente y los sólidos solubles recuperados para usarse como fertilizantes; Este método requiere agregar solamente de 15 a 20% de agua fresca al sistema para prevenir una sobre concentración de materia soluble.

El proceso Duhamel, permite ahorrar considerablemente soda, jabón, ablandamiento de agua, calentamiento y bombeo. También se evita el tener que descargar gran cantidad de líquido al desagüe y la grasa obtenida es de superior calidad. La lana lavada con agua recirculada queda más suave y es más fácil su manipuleo.

- 4.- Centrifugación.- Este proceso será descrito más adelante en forma detallada debido a que ha sido el proceso escogido para la planta de recuperación de lanolina propuesta en este estudio.

B.- Cuando la lana es lavada con kerosene.-

Actualmente, quizás éste sea el método más adecuado y económico para la obtención de lanolina. El único inconveniente es que todas las plantas de lavado de lana tienen ya instalaciones hechas de leviatanes y secadores de lana y el método de tratamiento con kerosene requiere cambiar todas las instalaciones de lavado.

Este método consiste en:

- Se hace pasar la lana en contracorriente con el kerosene; el kerosene hace que se disuelva la grasa. Al mismo tiempo todas las demás impurezas son removidas por agitación. El equipo consta de tres lavadores de lana con kerosene, cada una con su respectivo exprimidor y tres unidades de centrifugación.
- La lana después de pasar por los tres lavadores entra a una centrífuga donde se le quita todo el kerosene, pasando luego a un transportador neumático que la lleva al almacenamiento y aereado.
- El kerosene entra directamente al tercer lavador, le éste pasa al segundo y de ahí al primero. Del primer lavador sale el kerosene con la grasa y pasa a través de un intercambiador de calor con el fin de darle la temperatura necesaria antes de entrar a la centrifugación. De esta centrifugación principal pasa a dos centrifugaciones en las que se le agrega agua fría.

Luego de la tercera centrifugación pasa a una unidad de destilación donde se separa el kerosene de la lanolina, siendo utilizado nuevamente en el proceso de lavado.

- Cada lavador tiene un sistema de recirculación. El kerosene que sale del exprimidor regresa nuevamente al tanque de lavado respectivo, pasando al lavador anterior únicamente el que sale por la parte inferior.

### PROCESO ESCOGIDO

El proceso escogido para este estudio de recuperación de lanolina es el de centrifugación de De Laval.

Las ventajas que ofrece este sistema son las siguientes:

- La grasa de lana recuperada tiene un determinado valor en el mercado y actualmente se le destina a una gran variedad de usos, muy superior a la obtenida por el método ácido.
- Reducción de polución del efluente.
- Menor consumo de agua, puesto que el agua del lavado, libre de grasa, puede ser usada libremente, con lo que se reduce el agregado constante de agua, de tal modo que con un funcionamiento en tres turnos, la economía de agua sería considerable.
- Se necesita menor cantidad de ingredientes lavadores ya que el uso repetido del agua de lavado significa que no es necesario añadir constantemente un nuevo ingrediente lavador.
- Menor consumo de vapor; con la incorporación de un intercambiador de calor a placas en la instalación es posible recuperar y utilizar el calor usado en el proceso de lavado.

#### Descripción del proceso.-

El proceso de recuperación de lanolina consta de cinco pasos fundamentales:

- 1.- Sedimentación
- 2.- Calentamiento
- 3.- Separación primaria
- 4.- Separación secundaria - Concentración
- 5.- Separación terciaria - Purificación

#### 1.- Sedimentación.-

El agua de lavado procedente de las tinajas de lavado de la lana se bombea a dos tanques de sedimentación en los cuales se depositan por gravedad la mayor parte del lodo que contiene. Con un agua de lavado relativamente limpia podría prescindirse del segundo tanque de sedimentación, pero aquí en el Perú no podemos prescindir de él ya que la lana contiene un porcentaje bastante alto de suciedad e impurezas; aproximadamente 25% en peso de lana bruta.

#### 2.- Calentamiento.-

El agua es bombeada luego a un intercambiador de calor a placas.



Para una mejor explicación denominaremos a las tres partes del intercambiador como sección I, sección II y sección III.

Sección I.- Aquí tiene lugar la regeneración del calor.- En ésta sección es calentada el agua de lavado proveniente de los tanques de sedimentación de 20°C a 56°C por medio del agua desgrasada proveniente de los tres separadores, que es por consiguiente enfriada de 90°C a 50°C.

Sección II.- O de calentamiento.- Aquí el agua calentada de 56°C a 95°C por medio de un serpentín de vapor que está a una temperatura de 120°C.

Sección III.- O de enfriamiento.- El agua proveniente de los separadores se enfría de 50°C a 25°C por medio de agua fría, si fuera necesario, es decir, en caso de mandarla posteriormente al desagüe; si el agua va a ser utilizada nuevamente en el lavado de la lana no es necesario ningún enfriamiento. En este estudio el agua será utilizada nuevamente en el lavado de lana por lo tanto no será necesario enfriarlo.

### 3.- Separación Primaria.-

Después del calentamiento, el agua del lavado se envía a la separadora primaria (con boquillas), la que separa la mayor parte del lodo fino que permanece después de la sedimentación y concentra la emulsión de grasa. De aquí se obtiene 8% de emulsión de grasa, 80% de agua y 12% de agua con lodo. La emulsión es enviada por bombeo a un calentador de vapor, y el agua desengrasada pasa a la cañería de retorno.

### 4.- Separación Secundaria.-

La separadora secundaria es una variante concentradora de una separadora normal. Esta máquina elimina la mayor parte del lodo muy fino que queda después de la separación primaria y además, reduce el contenido de agua de la emulsión para permitir así la obtención de una grasa prácticamente pura, sólo contaminada por pequeñas partículas y jabones disueltos. En esta etapa se lava la grasa con un chorro de agua hirviendo.

De aquí se obtiene:

50% de emulsión de grasa y 50% de agua e impurezas que van al desagüe. Este líquido es luego calentado en un calentador a vapor y enviado a la tercera separadora.

5.- Separación Terciaria.-

La tercera separadora es una purificadora que expelle la mayor parte del agua remanente de la grasa y elimina todas las partículas de lodo fino que quedan, dando una lanolina con 1% de agua. En esta etapa tambien se lava la grasa con un chorro de agua hirviendo para eliminar los jabones disueltos, obteniendo de este modo una grasa de calidad satisfactoriamente alta.- De aquí se obtiene 25% de emulsión de grasa y 75% de agua e impurezas que van al desagüe.

El agua obtenida de la segunda y tercera separación regresar a la planta de lavado.

## DESCRIPCION Y PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LA MAQUINARIA

A continuación se hará una breve descripción del equipo básico utilizado en la planta de recuperación de lanolina.

El equipo consta de:

- 1.- Tanques de sedimentación.
- 2.- Intercambiador de calor.
- 3.- Centrífugas:
  - a) Separador primario
  - b) Separador secundario ó concentrador
  - c) Separador terciario ó purificador
- 4.- Tanques intermedios.
- 5.- Tanque para agua caliente.
- 6.- Bombas.

- 1.- Tanques de sedimentación.-

La capacidad de estos tanques es de 5 m<sup>3</sup> cada uno. Uno está equipado con un filtro y flotador además de estar completamente forrado con material de aislamiento. El otro tiene en lugar del flotador un indicador de nivel y también está forrado con material aislante.

- 2.- Intercambiador de calor.-

Descripción.- Es un intercambiador de platos De Laval tipo P-131 EB con 50 platos corrugados para transferencia de calor de calidad 18/8. El espesor de cada plato es de 0.8 mm. Tiene una capacidad suficiente como para calentar 4500 lts./hora de agua de lavado.

Está calculado para calentar el agua de lavado desde una temperatura mínima de 20°C y elevarla hasta máximo 95°C.

Consta de tres secciones:

- a) Regeneración de calor
- b) Calentamiento
- c) Enfriamiento

En el grupo de platos, éstos están separados unos de otros por medio de empaquetaduras que dan lugar a un espacio angosto e ininterrumpido a través del cual el líquido fluye en contacto con la superficie corrugada de los platos.

El corrugado imparte turbulencia al líquido que se va a calentar, lo cual no sólo asegura una distribución de calor rápida a través del líquido sino que previene el que se forme la película de aislamiento de calor que tiende a formarse. Esta corrugada además imparte una mayor eficiencia al intercambiador en el sentido de que no necesitará una limpieza hasta después de un largo tiempo.

Para una transferencia de calor eficiente los dos líquidos deben fluir en contra-corriente. Los platos están provistos de 4 perforaciones, una en cada esquina, y por medio de empaquetaduras se puede hacer que los dos fluyan en contra-corriente, a la vez que el volumen del fluido puede ser dividido en varias corrientes paralelas, de acuerdo al flujo que tengan.

Los platos son de acero inoxidable, pulidos, son hechos de una sola pieza y son resistentes a la distorsión debida a altas presiones (de 4 at. - 10 at.)

Las empaquetaduras de la periferia sirven como espaciadores entre platos y están diseñados de manera que una superficie mínima de empaquetadura está en contacto con el fluido, evitando así un gran deterioro. Son resistentes al calor proporcionado por una temperatura máxima de 130°C.

Además de los platos y empaquetaduras, el intercambiador consta del marco del plato de presión y plato final que son de acero al carbón. Todo el grupo de platos que lo forma están suspendidos de la barra superior horizontal que forma parte del marco y comprimidos entre el plato final y el plato de presión, más grueso que los otros y que también está suspendido de la barra superior del marco.

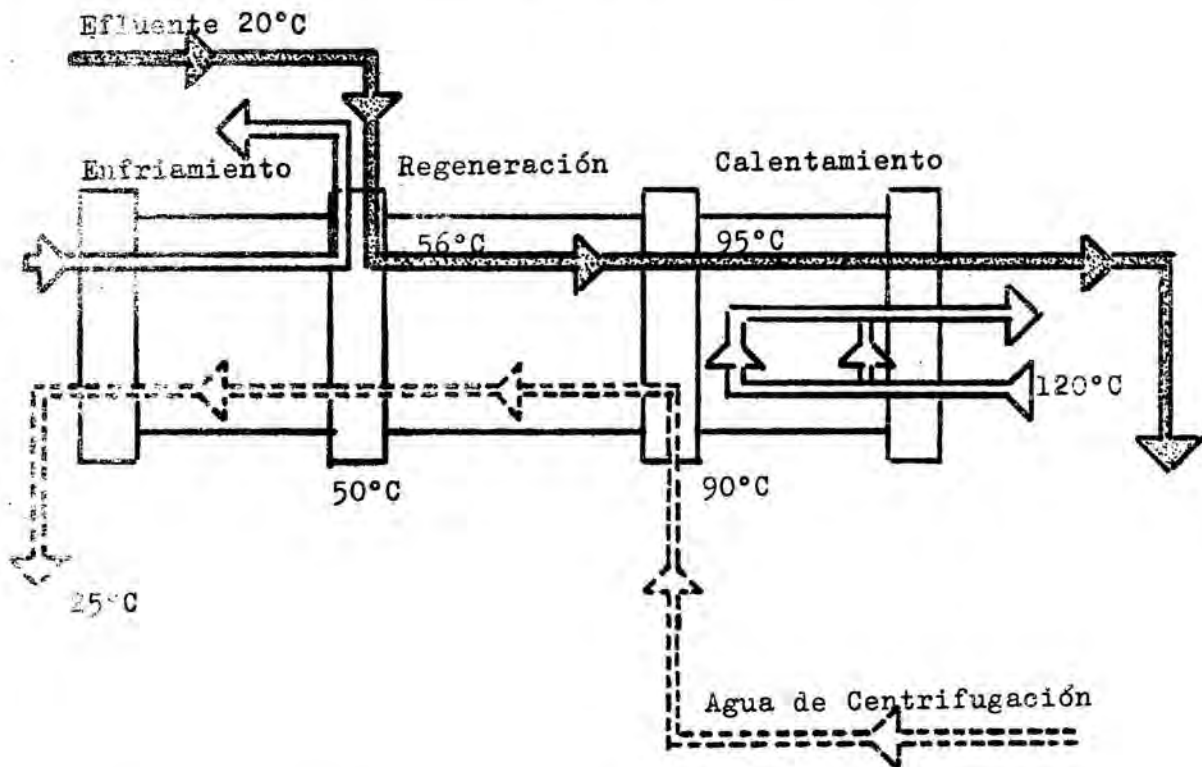
Por medio de los platos de conexión es posible dividir el total de platos en diferentes secciones capaces de desempeñar una función distinta.

Funcionamiento.- El líquido de lavado ingresa a la sección regeneración donde es precalentado por medio del líquido procesado que ingresa en contra corriente.

De la sección de regeneración el líquido precalentado pasa a través de la sección de calentamiento donde su temperatura aumenta por medio de circulación de vapor. Finalmente sigue el proceso en la si -

guiente máquina.

El líquido procesado pasa de la sección de regeneración a la sección de enfriamiento y de allí sale a seguir el proceso



### 3.- Centrifugas.-

Dado que los tres separadores utilizados en el proceso de recuperación tienen el mismo principio de diseño y funcionamiento se procederá a hacer una descripción general de una típica centrifuga de discos mencionando al final la variante en cada caso.

Descripción.- El cuerpo principal del separador ó bola, que mide entre 8" y 20" de diámetro, gira alrededor de un eje principal. Es de fondo plano y la parte superior cónica. El eje es moldeado con la superficie pulida en acero inoxidable. Dentro del cuerpo y rotando con él, están los discos que son láminas de metal cónicas puestos uno sobre otro separados por una pequeña distancia; tienen agujeros a más ó menos la mitad de la distancia entre la pared del cuerpo y el eje formando unos canales a través de los cuales pasa el líquido, dependien-

do de la posición de los agujeros, la mayor ó menor purificación del líquido alimentado. Mientras más lejanos del centro estén, mayor será la separación de sólidos.

En el cuello de la bola, están los sólidos para la descarga de la emulsión de grasa concentrada y la emulsión jabonosa.

a) Separador primario.-

Es De Laval, tipo FVK - 4R, de boquillas. Consta además de otra salida construída en la parte inferior del cuerpo para la descarga del lodo.

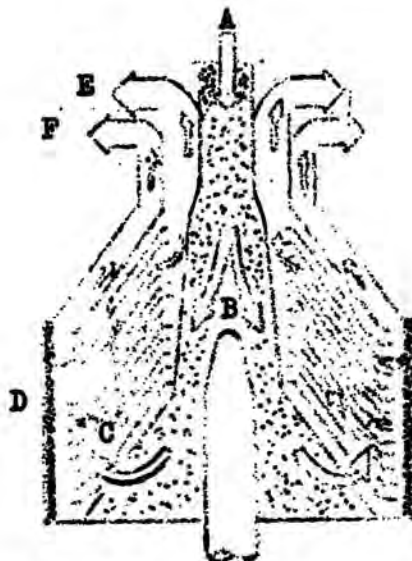
b) Separador secundario o concentrador.-

Es De laval, tipo B- 779 -A que corresponde al diseño general de centrífugas de discos.

c) Separador terciario ó purificador.-

Es De Laval, tipo B- 719 -A. Responde al tipo descrito con sólo una variante, que es reemplazar el último disco y el anillo de descarga por un aditamiento especial de descarga.

Funcionamiento.-



El líquido a tratar, conteniendo agua, grasa, sustancias minerales, detergentes y lodo es alimentado por una entrada en la parte superior del separador, este material baja a través del tubo alimentador B.

El líquido es forzado a pasar a través de los agujeros C de los discos intermedios al espacio comprendido entre ellos, aquí es donde actúa la fuerza centrífuga separando inmediatamente el líquido alimentado en la fase pesada y liviana.

Los sólidos son lanzados contra la pared D del cuerpo. La emulsión grasa que es de menor densidad se desplaza hacia adentro y arriba a través del espacio comprendido alrededor del tubo alimentador y sale por el agujero de descarga E ; la fase pesada lanzada hacia afuera por la fuerza centrífuga, es desplazada hacia arriba a lo largo de la parte de mayor diámetro del cuerpo por el líquido que se está alimentando y es descargada por la salida F.

a) Separador primario.-

La diferencia en el principio de funcionamiento de esta centrífuga es que siendo del tipo de boquilla los sólidos son descargados continuamente a través de las salidas D que están situadas en la parte inferior de la pared del cuerpo, mientras la máquina sigue funcionando a su máxima velocidad.

b) Separador secundario ó concentrador y

c) Separador terciario ó purificador.-

El principio de funcionamiento de estos dos separadores es el típico del separador de discos, ya descrito anteriormente.

4.- Tanques intermedios.-

Son dos y de las mismas características utilizados en el proceso.

Tienen una capacidad de  $0.1 \text{ m}^3$  y su finalidad es calentar la emulsión grasa del primer y segundo separador respectivamente por medio de un serpentín de vapor y un roceador de agua caliente y están completamente forrados con material aislante.

5.- Tanque para agua caliente.-

Tiene una capacidad de  $0.5 \text{ m}^3$  y su finalidad es proporcionar agua caliente para el lavado de la emulsión de grasa en los tres separados.

res. Está provisto de un serpentín de vapor y un flotador que regula el nivel máximo de agua.

6.- Bombas.-

Son cinco las bombas utilizadas en todo el proceso y que denominaremos  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ ,  $P_4$  y  $P_5$  respectivamente.

$P_1$ .- Bomba para agua de lavado de lana que alimenta a ambos tanques de sedimentación y está provista de un flotador.

$P_2$ .- De las mismas características de la anterior, que envía el agua de lavado ya sedimentada al intercambiador de calor.

$P_3$ .- Envía el agua del tanque de agua desgrasada proveniente de la primera centrífuga al intercambiador de calor.

$P_4$ .- Está acoplada a la primera centrífuga, su función es enviar la emulsión de grasa que sale del primer tanque intermedio.

$P_5$ .- Está acoplada a la segunda centrífuga, su función es enviar la emulsión de grasa al segundo tanque intermedio.



## PRODUCTO

### Lanolina.- Sus propiedades y composición.-

Se denomina lanolina a la mezcla compleja de ceras insolubles en agua segregada por las glándulas sebáceas de la piel de la oveja y que impregna todo el vellón. En general, cuanto más fina es la lana, mayor es la proporción de lanolina que contiene. En el vellón la lanolina va acompañada por cierta cantidad de un producto soluble en agua llamado churre (suint). Prácticamente, toda la lanolina recuperada es un sub producto de la limpieza de la lana para uso textil.

### Propiedades Físicas.-

Aunque la lanolina es una mezcla de compuestos clasificados como ceras por los químicos, no tiene las características físicas de éstas.

- Es blanda, con aspecto untuoso y ligeramente pegajoso, transluciente.
- Punto de fusión: 36-42°C. Por encima de esta temperatura puede verterse con facilidad. Por debajo de su punto de fusión se adhiere tenazmente a casi todas las superficies.
- Tiene una tenacidad peculiar y se maneja difícilmente.
- Su densidad es aproximadamente 0.924 a 40°C.
- Algunas lanolinas recuperadas en centrífuga tienen un ligero color de ante ó marfil y prácticamente son inodoras.
- Las lanolinas recuperadas por otros métodos contienen impurezas de color oscuro y con olor, ácidos grasos libres y con frecuencia cantidades apreciables de azufre libre.
- Absorbe grandes cantidades de agua y forma emulsiones que son difíciles de separar en sus constituyentes.
- Tanto en la forma anhidra como mezclada con agua tiene gran facilidad de penetración en la piel.
- Es poco antiséptica.
- No se pone rancia, pero se oxida levemente la superficie debido a largos períodos de almacenamiento.

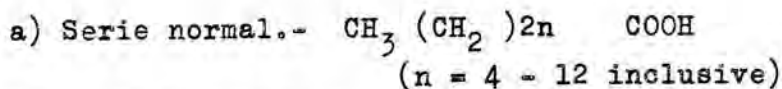
### Composición química.-

- La lanolina es una mezcla de muchos compuestos.
- Al contrario que las grasas, la lanolina no contiene glicerina.
- Es una mezcla de ésteres de ácidos grasos de elevado peso molecular y de hidroxiacidos grasos con alcoholes de elevado peso molecular, compuestos que de ordinario se clasifican como ceras.
- Probablemente contiene ésteres más complicados que los monoésteres.

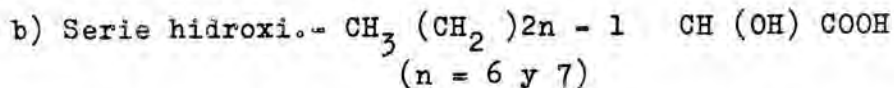
- res simples; es posible que estólido-estere ó lactidos.
- Tiene poco más de 1% de hidróxidos presentes y estos grupos pueden acetilarse.
  - La cantidad de colesteroles libres está entre 3% y 4.5%.
  - Se disuelve completamente en benceno, cloroformo, disulfuro de carbono y triclorotileno, tanto en frío como en caliente.
  - Después de una saponificación alcalina, los productos pueden separarse en dos fracciones casi del mismo peso, una fracción ácida y otra fracción no ácida que, por lo general, se designa como fracción "insaponificable".

#### Fracción Ácida.-

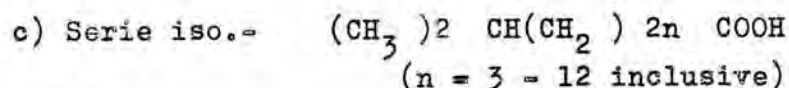
La fracción ácida ha sido bien estudiada por Wietkamp, quien ha aislado é identificado 32 componentes ácidos, clasificados en cuatro series:



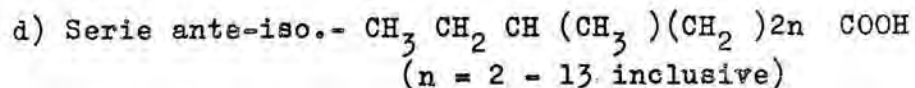
Nueve ácidos grasos de cadena lineal constituyen aproximadamente el 8% de la fracción ácida.



Dos 2-hidroxíácidos levógiros componen aproximadamente 4% de la fracción ácida.



Diez isoácidos forman aproximadamente 26% de la fracción ácida,



Once ácidos "ante-iso" dextrógiros constituyen aproximadamente 33% de la fracción ácida.

Horn y otros hallaron que casi 30% de la fracción ácida se compone de hidroxíácidos levógiros. Además de los ácidos de Wietkamp, 2 hidroxí-tetradecanoico y 2 hidroxí-hexadecanoico, demostraron que la presencia de los ácidos 2 hidroxí-dodecanoico, 2 hidroxí-octadecanoico

y 2 hidroxil-16 metil heptadecanoico, el ácido  $C_{16}$  constituye casi los dos tercios de los hidroxiaácidos identificados.

También hay pruebas de la presencia de un ácido 5-hidroxi. Lo que parece ser una  $\delta$ -lactosa, de fórmula molecular  $C_{20}H_{38}O_2$ , separada cromatográficamente de la fracción ácida, forma aproximadamente 12% de ésta fracción y puede ser una mezcla de lactonas.

El peso molecular medio de la fracción ácida, calculado con los datos de los contenidos y los pesos moleculares de los ácidos hasta ahora comprobados, es de 316. Este valor concuerda con el equivalente de neutralidad, 318, determinando experimentalmente por valoración de la mezcla de ácidos, con la posible presencia de lactonas.

#### Fracción no ácida.-

La fracción no ácida o insaponificable de la lanolina es también una mezcla compleja. Contiene el 10 - 15% de alcoholes alifáticos, 35 - 40% de esteroides (principalmente colesterol), 25 - 30% de esteroides triterpenoides (sobre todo lanosterol) y 15 - 25% de material que no ha sido aislado ni identificado. El peso molecular medio de los componentes de esta fracción se calcula en 375.

Si se expone esta mezcla al aire a temperatura ordinaria, se oxida lentamente. Durante este proceso, el colesterol y el lanosterol disminuyen hasta valores muy pequeños, y el índice de ácido aumenta independientemente, aún no se ha dado una explicación satisfactoria de lo que sucede realmente durante este proceso.

Los alcoholes alifáticos pueden separarse cuantitativamente del resto del material no ácido por precipitación en forma de complejos de urea. El residuo, que no forma complejos, puede ser analizado para determinar su contenido de hidróxidos, de esteroides y de esteroides triterpenoides. Los resultados de éstos análisis sugieren la hipótesis de que la porción desconocida del residuo no tiene carácter alcohólico.

La separación de los componentes del residuo que no forma complejos es extremadamente difícil. El colesterol puede precipitarse cuantitativamente como digitónido (lo que es solamente en método analítico), pero no se dispone todavía de ninguna forma satisfactoria para la separación de los esteroides triterpenoides. Se ha comprobado que el lanosterol y sus congéneres se aíslan cuantitativamente de la mezcla de todo lo insaponificable por extracción del resto de los componentes con metanol; es cierto que con este tratamiento y en las condiciones más favorables se obtiene un precipitado rico en lanosterol, pero el análisis del filtrado revela que aproximadamente 66% del lanosterol

presente queda disuelto en el metanol.

Características del producto obtenido por el método de centrifugación.-

- Humedad 1% en promedio.
- Acidez 1% en promedio alcanzado en algunos casos hasta 5% (en grasas de inferior calidad).
- Impurezas y cenizas 0.25%.
- Color limón pálido alcanzando un color marrón en las grasas de inferior calidad.
- Olor suave casi inodoro.

Usos.-

En la mayor parte de sus aplicaciones, la lanolina forma parte de mezclas en que preponderan otros materiales. En algunas aplicaciones existe la alternativa de emplear otro producto, pero en casi todos los casos la lanolina tiene propiedades singulares que hacen deseable su uso. Por otra parte, la mayoría de los que fabrican las fórmulas son reacios a cambiar las ya establecidas y acreditadas.

En la industria del cuero, la lanolina se usa en la carga de los cueros pesados. La lanolina parece vencer la tendencia del cuero húmedo a repeler las otras sustancias oleosas en la mezcla de relleno. También se utiliza para el acabado de correas y cinturones.

La lanolina está considerada como un ingrediente indispensable en los aceites usados para el acabado de las pieles de fantasía. Las mezclas utilizadas contienen 30 - 50% de lanolina; el resto se compone de grasas y aceite minerales. En este caso, la actividad de superficie de la lanolina ayuda a que penetre la mezcla en las fibrillas húmedas del cuero. Una vez que la mezcla se ha asentado en las pieles, se sacuden éstas con serrín, que elimina los otros aceites, pero deja la lanolina en la piel.

En la manufactura de la cuerda de cáñamo de Manila (abacá), los aceites de cordelería que se usan para lubricar las fibras contienen 15% de lanolina. No se considera un ingrediente indispensable, pero se le da preferencia sobre otros.

En las tintas tipográficas y mimeográficas, la lanolina se usa para mejorar las calidades del trabajo y de la fijación y para evitar el emborronamiento, penetración y cristalización. En los barnices para recubrir grabados evita el picado y el hinchamiento. También ayuda a evitar la floculación o aglomeración de partículas de pigmento. Para ese fin se utilizan sólo proporciones pequeñas y no se

considera indispensable.

Se usan soluciones de 10 - 25% de lanolina técnica en querosene como anticorrosivos temporales. Se aplican por inmersión, rociado, pincelación ó con esponja, y la fina película residual se adhiere tenazmente a la superficie desnuda del metal. La película no se desplaza fácilmente por el agua y actúa como barrera contra el vapor de agua, el oxígeno y humos corrosivos e impide la corrosión del metal durante el período de almacenamiento, en tránsito, ó durante los intervalos en tre los pasos de fabricación. No necesita ser eliminada de las piezas, sino que se lava fácilmente de las partes externas si así se desea. Su mayor uso en ésta aplicación fué durante la guerra.

La lanolina se agrega a veces a las grasas lubricantes para aumentar la untuosidad. Los lubricantes de las piezas metálicas consisten generalmente en una base de aceite mineral a la que se ha agregado un producto graso. Este producto graso es frecuentemente lanolina, aunque también se usan aceite de ballena, de ricino, de grasa de cerdo, sebo etc. En las operaciones en que reviste importancia la refrigeración - localizada, se usan emulsiones acuosas y en este tipo de emulsión la lanolina es particularmente apropiada por su propiedad emulsiva y su gran estabilidad. Se usa mucha lanolina desulfurada en el estirado de varillas y de hilos metálicos. También se usa en aditivos a lubricantes de gran detergencia y en empaquetaduras de bombas, válvulas, etc., para manejar hidro-carburos ligeros y ácidos.

En cosméticos se usa por su propiedad emulsiva y emoliente; en mayor proporción en cremas para evitar la sequedad de la piel. Entra además en preparados para lociones de la piel, polvos, coloretes, lápices labiales, jabones de afeitarse, champúes, fijadores de pelo, tónico para el cabello y preparados de ondulación permanente.

MERCADO Y ESTADISTICAS

Actualmente el consumo nacional de lanolina es abastecido totalmente por importaciones, en su mayor porcentaje, de Estados Unidos, Inglaterra y Alemania.

Según reflejan las estadísticas, el ritmo de crecimiento en el consumo de lanolina ha sido muy irregular, lo que puede observarse en el gráfico correspondiente.

La representación gráfica de los puntos reales, muestra un incremento notable en las importaciones en el año 1957, para bajar considerablemente en el año 1958, lo mismo sucede en los años 1959 y 1960, esto refleja una previsión de parte del sector importador y la consecuente formación de stocks; pero en general puede apreciarse una tendencia ascendente.

Se nota así mismo que a partir del año 1960 el consumo comienza a incrementarse en forma sólida y muy regular como consecuencia de la expansión de industrias que utilizan lanolina como materia prima, así el recargo a los derechos de importación de productos de perfumería y cosméticos fué un incentivo porque firmas muy conocidas iniciaron la fabricación de sus productos en el país,

Proyección del consumo.-

La línea de tendencia del consumo está representada por una recta cuya ecuación es:

$$Y = 8.75 + 0.75x,$$

hallada por el método de mínimos cuadrados:

Año	X	Y Miles de Kgs.	X <sup>2</sup>	XY
1954	1	9.3	1	9.3
1955	2	10.7	4	21.4
1956	3	12.0	9	36.0
1957	4	16.2	16	64.8
1958	5	10.2	25	51.0
1959	6	13.6	36	81.6
1960	7	7.3	49	51.1
1961	8	11.8	64	94.4
1962	9	15.8	81	142.2
1963	10	21.8	100	218.0
	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	55	128.7	385	769.8

$$\begin{aligned}\Sigma y &= na + b \Sigma x \\ \Sigma x y &= \Sigma xa + b \Sigma x^2 \\ 128.7 &= 10a + 55b \\ 769.8 &= 55a + 385b\end{aligned}$$

Resolviendo:

$$\begin{aligned}a &= 8.75 \\ b &= 0.75\end{aligned}$$

Reemplazando en la ecuación general de la recta:

$$Y = 8.75 + 0.75x$$

Proyectando la línea de tendencia tendremos los consumos para los próximos años, esta proyección no expresa el fiel reflejo de los consumos previstos para los próximos años debido a las fuertes fluctuaciones de las cifras de consumos en la última década.

Los consumos aparentes previstos en esta proyección son:

Año 1970	20.4 miles de kgs.
Año 1975	23.9 miles de kgs.

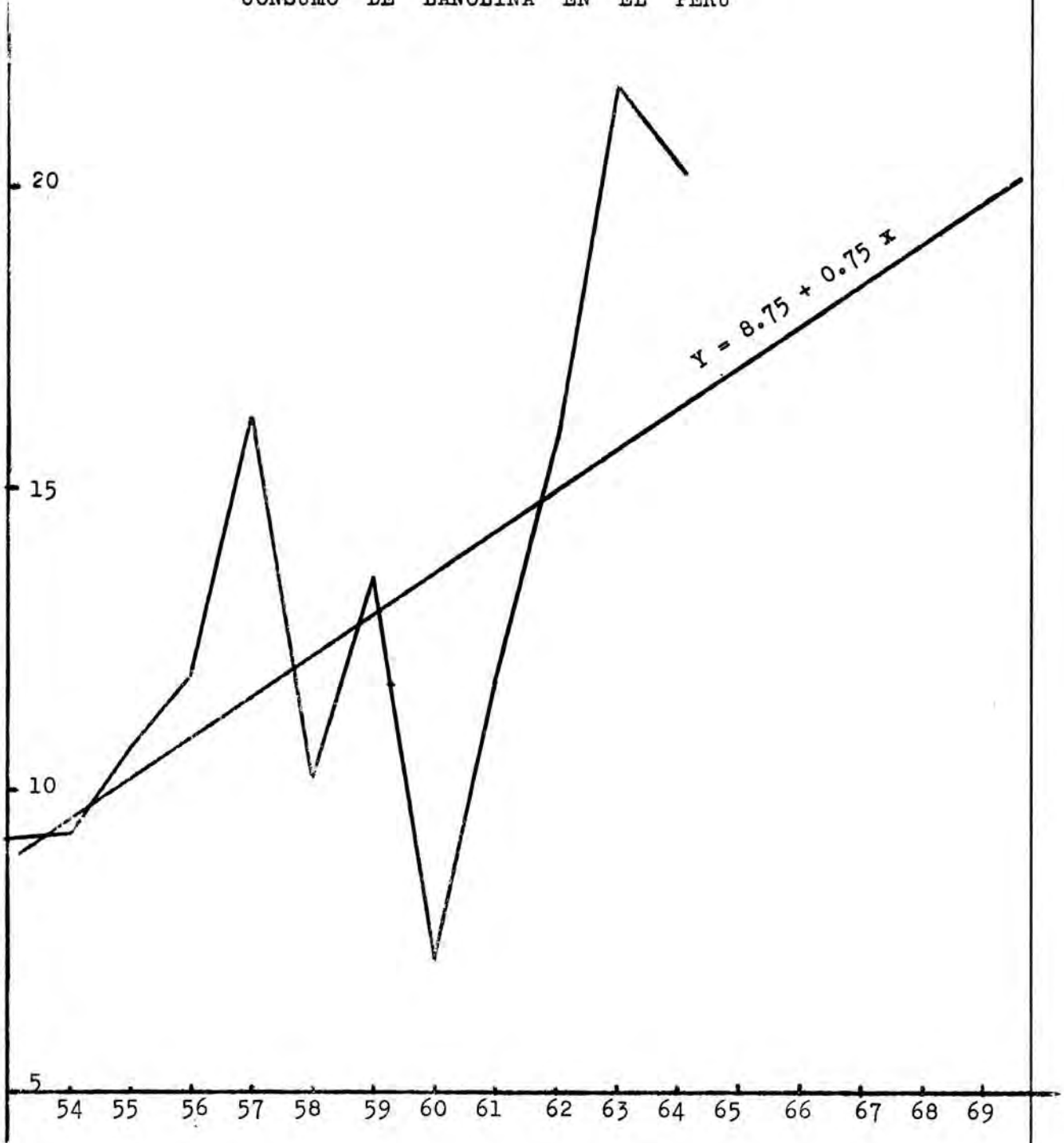
Lo que significa que nuestra planta abastecería todo el consumo con el 30% de la producción.

El 70% restante sería para la exportación.

Una firma inglesa, comprará todo el excedente de nuestra producción ya que el producto obtenido reunirá las especificaciones requeridas por dicha firma.

Se estima que en los próximos 10 años el consumo de este producto aumente en mayor proporción debido a la influencia de la expansión de industrias del país.

CONSUMO DE LANOLINA EN EL PERU





## CAPACIDAD DE PRODUCCION

### Factores a considerarse:

#### 1.- Cantidad de lana sucia tratada en la planta de lavado.-

Todo este estudio se ha hecho teniendo en cuenta que, en general, la cantidad de lana sucia que tratan actualmente en las fábricas textiles del país es de 5,000 kgs. diarios, y en particular la fábrica que se tomó como base lava esta cantidad de lana, a pesar de que podría perfectamente ampliar su producción en más de un 100%, ya que el diseño de sus equipos de lavado lo permiten.

#### 2.- Cantidad de lana sucia que podría tratarse en la planta de lavado.-

La capacidad máxima de esta planta es para el lavado de 433 kgs. hora de lana sucia lo que representa 10,392 kgs. en 24 horas. Con respecto a la lana que actualmente se trata, se puede decir que al trabajar a su capacidad máxima aumentaría la producción en 107.84% (108%).

#### 3.- Porcentaje de lanolina contenida en la lana sucia.-

No es constante en ningún caso, depende de la alimentación que haya tenido el animal, del clima del lugar donde haya vivido y de la calidad de la lana, que puede ser más ó menos fina. El porcentaje varía entre el 10% y 47% en forma general y para este estudio se considerará el 15% que es el porcentaje promedio obtenido de las lanas peruanas (experimental). De éste porcentaje solamente se obtiene el 30% por el sistema de recuperación por separadores centrífugos.

#### 4.- Días trabajados al año.-

Considerando que la planta tiene que parar por un mes de vacaciones generales, 48 domingos más en el año y 9 días festivos, quedan 278 días laborables.

#### 5.- Cantidad de agua utilizada en el lavado.-

Para el presente estudio se tomará el agua del 2do. remojo de la 1ra., 2da., 3ra., y 4ta. tina de lavado porque la primera se utiliza para el remojo y la quinta para el enjuague. El total de litros de agua tratada por día será de 27,450.

La capacidad de las tinas de lavado se verá en el capítulo correspondiente.

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

1.- Cantidad de lanolina obtenible anualmente en base a 5000 kgs. de lana sucia tratada diariamente:

$$5000 \times 0.15 \times 0.3 \times 278 = 62,550 \text{ kgs/año}$$

2.- Cantidad de lanolina obtenible anualmente en base a 10,300 kgs. de lana sucia tratada diariamente:

$$10300 \times 0.15 \times 0.3 \times 278 = 128,853 \text{ kgs/año}$$

3.- Capacidad de producción de la planta de recuperación en kgs. de lana al año:

a) Cantidad de agua en lts./año que podría tratar la planta trabajando 8 horas diarias:

$$4500 \times 8 \times 278 = 10'008,000 \text{ lts/año}$$

b) Cantidad de agua en lts./año que trataría la planta:

$$27450 \text{ lts/día} \times 278 = 7'631,100 \text{ lts./año}$$

c) Capacidad, en porcentaje, con que trabajaría la planta:

$$\% = \frac{763110}{10008} = 76.25$$

d) Cantidad de lanolina que podría obtenerse de la planta de recuperación trabajando ésta al 100% de su capacidad:

$$x = \frac{62550 \times 100}{76.25} = 82,033 \text{ kgs./año lanolina}$$

que es lo que presenta la capacidad de producción de la planta de recuperación de lanolina de acuerdo al equipo escogido para su funcionamiento.

RELACION DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCION DE LA PLANTA DE RECUPERACION DE LANOLINA Y EL CONSUMO NACIONAL DE LANA

- Consumo nacional de lana en el último quinquenio.-

Años	Tons.métricas
1959	6,974
1960	7,197
1961	8,153
1962	7,402
1963	6,814

Esta industria señala un menor consumo en los años 1962 y 1963 (la baja fué de 9% para el primero y 10% para el segundo), esta contracción se debe a la fuerte competencia que le hace al producto de lana el de fibras textiles artificiales, por su menor precio y buena calidad.

La producción estima de lana de oveja en la campaña 62 - 63 fué de 11,000 toneladas de las cuales se exportaron 4,316.

- Determinación de la producción potencial de lanolina en el país.-

Para los siguientes cálculos se considerará como promedio del consumo de lana 7,308 tons. anuales.

$$7,308 \text{ tons} \times 0.15 \times 0.3 = 328.86 \text{ tons/año de lanolina}$$

- Capacidad de producción de la planta de éste producto considerando tres turnos de trabajo y 85% de eficiencia.-

$$62.55 \text{ tons/año} \times 3 \times 0.85 = 159.5 \text{ tons/ año}$$

- Por lo tanto éste proyecto representa:

$$\frac{159.5 \times 100}{328.86} = 48.5\%$$

de la producción total de lanolina obtenible del consumo nacional de lana.

BALANCE DE MATERIAS

Ingresan		Egresan	
1.- Tanques de sedimentación.-			
4500 lts/hr. de efluente de la siguiente composición:			
grasa	2.32% = 638 lts/hr	licor clarif.	94% = 4230 lts/hr
agua y solubles	91.68 = 3592	lodo	6% = 270
lodo	6.00 = 270		<u>100%</u> 4500 lts/hr
	<u>100.00%</u> = 4500 lts/hr		
2.- Intercambiador de calor.-			
licor clarif.	100.00% = 4233.6 lts/hr	licor clarif.	100% = 4233.6 lts/hr
3.- Primera centrifugación.-			
licor clarif.	100.00% = 4233.6 lts/hr	emulsión grasa	8% = 338.70 lts/hr
		agua desgrasada y solubles	80% = 3386.90
		agua al desag.	12% = 508.00
			<u>100%</u> = 4233.60 lts/hr
4.- Tanques de calentamiento.-			
emulsión grasa	100.00% = 338.7 lts/hr	emulsión grasa	100% = 338.70 lts/hr
5.- Segunda centrifugación.-			
emulsión grasa	40.00% = 338.7 lts/hr	emulsión grasa	20% = 169.35 lts/hr
agua caliente	60.00 = 508.14	agua desgrasada y solubles	80% = 677.49
	<u>100.00%</u> = 846.84		<u>100%</u> = 846.84

<u>Ingresan</u>		<u>Egrasan</u>	
7.- Tanque de calentamiento.-			
emulsión grasa	100% = 169.35 lts/hr.	emulsión grasa	100% = 169.35 lts/hr.
8.- Tercera centrifugación.-			
emulsión grasa	66% = 169.35 lts/hr.	emulsión grasa	16% = 41.05 lts/hr.
agua ca- liente	34%      87.24 lts/hr.	agua des- grs.y sol	84% = 215.54 lts/hr.
	<u>100%</u> <u>256.59 lts/hr.</u>		<u>100%</u> <u>256.59 lts/hr.</u>

#### CALCULO DE LA PRODUCCION DE LANOLINA

- Determinación del Peso de lanolina obtenida (Ver Balance de Materias)

Volúmen = 41 lts/hr.

Densidad = 0.94 kgs/lts.

Peso = 41 lts/hr. x 0.94 kgs/lts = 38.54 kgs/hr.

La cantidad de lanolina diaria obtenida en 8 horas operando la planta a 76% de rendimiento (Ver cap. de capacidad de producción) será :

$38.54 \text{ kgs/hr} \times 8 \text{ hr/día} \times 0.76 = 234 \text{ kgs/día}$

En un año la producción será de:

$234 \text{ kgs/día} \times 278 \text{ días/año} = 65,052 \text{ kgs/año}$

### UBICACION DE LA PLANTA

El factor determinante para la ubicación de la planta es la disponibilidad de materia prima. Por lo tanto, debemos considerar que el lugar más apropiado sería próximo a un lavadero de lana.

- Nos proporcionará la materia prima para la planta a través de una línea directa de tubería.
- Podrá recircularse el agua desgrasada de la planta de recuperación a las tinajas de lavado.
- Se evitará la descomposición del efluente grasoso con el tiempo de almacenamiento.
- La fuente de vapor y agua será la misma que abastece a la planta de lavado.

Además teniendo en cuenta que el 70% de la producción será exportada la planta debe quedar ubicada cerca al puerto.

- El transporte del producto terminado será mucho más barato.

El 30% restante de la producción será para consumo local, utilizado como materia prima en otras industrias.

Las tres razones arriba mencionadas nos llevan a determinar como lugar de ubicación la zona del Callao, la cual no será nigún problema porque la mayoría de las fábricas textiles que tienen lavadero de lana están situadas en la zona industrial del Callao (Av. Argentina) así como también otras industrias utilizarán nuestro producto como materia prima.

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

CALCULO DE CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA

Planta de Recuperación.-

1	Motor para el primer separador	5	HP
1	Motor para el segundo separador	3.5	HP
1	Motor para el tercer separador	3.5	HP
1	Motor para la bomba del agua de lavado	3	HP
1	Motor para la bomba del agua ya separada	2	HP

Total en la planta de recuperación 19 HP

$$19 \text{ HP} = 19 \text{HP} \times 0.74 \frac{\text{K Watt-hr}}{\text{HP}} = 14.174 \text{ KW-hr.}$$

Iluminación.-

Consideraremos 1 Watt por pie cuadrado según las recomendaciones de Vilbrandt, en su libro "Chemical Engineering Plant Design" que dice que el gasto de energía eléctrica para efectos de alumbrado, varía entre 0.5 watts/pie cuadrado, para áreas menos iluminadas, y 2.5 watts por pie cuadrado para áreas de mayor iluminación.-

El área total que ocupa la planta de recuperación es de 80 metros cuadrados.

$$\text{Consumo de energía} = \frac{80 \text{ m}^2 \times 1 \text{ watt/pie}^2}{0.093 \text{ m}^2/\text{pie}^2} = 0.860 \text{ kw}$$

Consumo total de energía eléctrica:

Motores eléctricos	14.174
Iluminación	0.860
	<hr/>
	15.034 kw/hr.

Consumo anual:

$$15.034 \text{ kw} \times 8 \text{ hr} \times 278 = 33,435.62 \text{ kw}$$



Energía Activa:

$$\begin{aligned}\cos \varphi &= 0.8 \\ k_{wa} &= 0.8 \times 33,500 = 26,800 \text{ k}_{wa}\end{aligned}$$

Energía Reactiva:

$$\begin{aligned}k_w^2 &= k_{wa}^2 + k_{wr}^2 \\ k_{wr} &= \sqrt{k_w^2 - k_{wa}^2} \\ k_{wr} &= \sqrt{404,010,000} = 20,100 \text{ k}_{wr}\end{aligned}$$

CALCULO DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE

- Consumo de Vapor.-

De acuerdo a las condiciones de trabajo de la planta de recuperacion la necesidad de vapor es de 500 kgs/hr. a una presión de 2.5 kg/cm<sup>2</sup> lo que a una eficiencia de 76% (ver cap. Capacidad de Producción) equivale a 380 kgs/hr.

- Consumo de Combustible.-

Se calcula que para producir una tonelada de vapor, se necesitan aproximadamente 20 galones de petróleo (Residual N° 6)

Considerando que las necesidades de vapor de la planta son 380 kgs/hr. :

$$380 \text{ kgs/hr} \times 20 \text{ gls/Tn.vapor} \times 1/1000 \text{ Tn.vapor/kg.}$$

$$= 7.6 \text{ gls/ hora de petróleo}$$

Al año el consumo será:

$$7.6 \text{ gl/hr} \times 8 \text{ hr/día} \times 278 \text{ días/año} = 17,902.4 \text{ glns.}$$

$$\text{Total : } 18,000 \text{ gls/año}$$

CALCULO DE CONSUMO DE AGUA

- Agua utilizada para producir vapor.-

500 kgs/hr de los cuales se recupera 80% por recirculación

Para la primera hora	500 lts.
Para las 7 horas siguientes	700 lts.
	<hr/>
	1,200 lts/día

equivalente a 150 lts/hr en promedio.

- Agua utilizada en la centrifugación.-

Para la segunda centrifugación	508.05 lts.(Ver Bal.Materias)
Para la tercera centrifugación	87.24 lts.(Ver Bal.Materias)
	<hr/>
	595.29 lts./hr

600 lts/hr.

- Agua utilizada en el proceso.-

Para vapor	150 lts./hr.
Para centrifugación	600 lts./hr.
	<hr/>
	750 lts./hr.

Considerando que la planta de recuperación trabajará 278 días al año y a un 76% de su capacidad teórica instalada, el consumo de agua será:

$$750 \text{ lts./hr} \times 8\text{h/día} \times 278 \text{ días/año} \times 0.76 \\ = 1'267,680 \text{ lts/año}$$

- Agua utilizada para limpieza.-

Se considerará 2000 lts/día = 556,000 lts/año

Total agua utilizada:

En proceso	1'267,680 lts/año
En limpieza	556,000 lts/año
	<hr/>
	1'823,680 lts/año $\approx$ 2,000 m <sup>3</sup> /año

C A L C U L O   D E   E Q U I P O

1.- Cálculo de Tanques.-

a) Velocidad de caída de las partículas silíceas.-

$$v = \frac{1}{18} \frac{g}{\mu} (\rho_s - \rho) d^2 \quad (\text{Fórmula de Stokes})$$

Datos:

$$g = 981 \text{ cm/seg}^2$$
$$\mu = 0.01 = 10^{-2} \text{ grm/cm. seg.}$$
$$\rho_s = 2.2 \text{ gm/c.c.}$$
$$\rho = 1 \text{ gm/c.c.}$$
$$d = 1.6 \times 10^{-2} \text{ cm.}$$

$$v = \frac{1}{18} \times \frac{981}{10^{-2}} (2.2 - 1) (1.6 \times 10^{-2})^2$$

$$v = \frac{1}{18} \times \frac{981}{10^{-2}} \times 1.2 \times 2.56 \times 10^{-4}$$

$$v = 1.67 \text{ cm/seg.}$$

b) Dimensiones del tanque.-

Asumiendo que la altura del tanque sea 1.50 mts., tendremos:

$$\text{tiempo de retención} = \frac{150 \text{ cms.}}{1.67 \text{ cms/seg}} \approx 90 \text{ seg.}$$

Volumen de la sección rectangular.-

$$V = L \times W \times h$$
$$V = \text{Volumen} = 5 \text{ mts.}^3$$
$$L = \text{largo de la base}$$
$$W = \text{ancho de la base}$$
$$h = \text{altura} = 1.5 \text{ mts.}$$

Por recomendaciones en tratamiento de aguas (decantaciones) el largo de la base debe ser cuatro veces el ancho, por lo tanto:

$$L = 4W$$

$$V = 4 W^2 h \qquad W^2 = \frac{V}{4h}$$

$$W^2 = \frac{5}{4 \times 1.5} = 0.833$$

$$W = 0.91 \approx 0.90 \text{ mts.}$$

$$L = 4 \times 0.90 = 3.60 \text{ mts.}$$

Dimensiones:

$$W = 0.90 \text{ mts.}$$

$$L = 3.60 \text{ mts.}$$

$$h = 1.50 \text{ mts.}$$

Volumen de la sección piramidal.-

$$V = \frac{A \times h_1}{3}$$

$$V = \text{volumen} = 1.03 \text{ m}^3$$

$$A = \text{área de la base} = 3.24 \text{ m}^2$$

$$h_1 = x$$

$$1.03 \text{ m}^3 = \frac{3.24 \text{ m}^2 \times h}{3}$$

$$h_1 = \frac{3.09 \text{ m}^3}{3.24 \text{ m}^2} = 0.95 \text{ m}$$

Angulo de la sección piramidal.-

$$\text{tag } \frac{\alpha}{2} = \frac{L/2}{h_1}$$

$$\text{tag } \frac{\alpha}{2} = \frac{1.80}{0.95} = 1.894736$$

$$\frac{\alpha}{2} = 62^\circ 11'$$

$$\alpha = 124^\circ 22'$$

Asumiendo el ángulo igual a  $135^\circ$  por facilidad de construcción, la altura será:

$$h_1 = \frac{L/2}{\tan \theta}$$

$$h_1 = \frac{1.80}{\tan 67^\circ 30'} = \frac{1.80}{2.414214} = 0.74 \text{ cms.}$$

c) Número de Reynolds.-

$$N^\circ \text{ Re} = \frac{4 \text{ m VP}}{\mu} \quad m = \frac{\text{Area transversal del tanque}}{\text{perímetro mojado}}$$

$$m = \frac{1.5 \times 0.9}{3.9} = \frac{1.35}{0.9} = 0.356$$

$$N^\circ \text{ Re} = \frac{4 \times 0.356 \times 1.67 \times 1}{0.01} = 238$$

El N° de Reynolds menor que 1000 nos confirma que es correcta la aplicación de la ley de Stokes, siendo más exacto - mientras más cerca a 1 esté.

2.- Transmisión de calor en los tanques.-

a) Pérdida de calor a través de las paredes del tanque.-

$$Q = m c (t_2 - t_1)$$

Datos:

$$Q = \text{BTU/ hr} - ^\circ\text{F}$$

$$m = \frac{4500 \text{ lts./hr} \times 1.03 \text{ kg/lt.} \times 2.2 \text{ lbs/kg}}{215 \text{ pie}^2} = \frac{47.4 \text{ lbs.}}{\text{hr.pie}^2}$$

$$c = 0.98 \text{ BTU / lb } ^\circ\text{F}$$

$$t_2 = 28^\circ\text{C} = 82.4^\circ\text{F}$$

$$t_1 = 25^\circ\text{C} = 77.0^\circ\text{F}$$

Reemplazando:

$$Q = 47.4 \times 0.98 (82.4 - 77)$$

$$Q = 251 \text{ BTU/ lb hr pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

b) Espesor del material aislante (asbesto)

$$Q = \frac{t'' - t'}{R_1 + R_2}$$

$$Q = \frac{t'' - t'}{\frac{x_1}{K_1 A} + \frac{x_2}{K_2 A}}$$

$Q'' =$  Cantidad de calor = 251 BTU/lb h pie<sup>2</sup>

$t'' =$  Temperatura dentro del tanque

$28^\circ\text{C} = 82.4^\circ\text{F}$

$t' =$  Temperatura ambiente =  $18^\circ\text{C} = 64.4^\circ\text{F}$

$x_1 =$  Espesor plancha de fierro = 1/8"

$K_1 =$  Conductividad térmica del fierro = 36

$x_2 =$  Espesor de material aislante

$K_2 =$  Conductividad térmica del asbesto = 0.12

$A =$  Area unitaria

Reemplazando:

$$Q = \frac{82.4 - 64.4}{\frac{1/8/12}{36} + \frac{x_2}{0.12}} = 251$$

$$Q = \frac{18}{\frac{1}{3456} + \frac{x_2}{0.12}} = 251$$

Despejando:

$$x_2 = 0.12 \left( \frac{18}{251} - \frac{1}{3456} \right)$$

$$x_2 = 0.0083 \text{ pies} = 0.099 \text{ pulgadas}$$

Dado que el espesor del aislante para los tanques de sedimentación es tan pequeño, es más económico perder los BTU que aislar el tanque, por lo tanto el asbesto no se considerará en el proyecto.

### 3.- Cálculo de Tuberías.-

a) Diámetro de Tuberías

$$D = \frac{0.098 W^{0.45}}{d^{0.31}}$$

$D =$  diámetro interno de la tubería en pulgadas

$W =$  flujo en lbs/hora

$d =$  densidad en lbs/pie<sup>3</sup>



Conversión de unidades:

$$W = W' \text{ lts/hr} \times d' \text{ kgs/lt} \times 2.2 \text{ lbs/kg} = W \text{ lbs/hr}$$

$$d = d' \text{ kgs/lt} \times 2.2 \text{ lbs/kg} \times 28.3 \text{ lts/pie}^3 = d \text{ lbs/pie}^3$$

a) Sistema del efluente.-

- De la bomba  $P_1$  a tanques de sedimentación :

$$W = 4500 \text{ lts/hr} = 10,197 \text{ lbs/hr}$$

$$d = 1.03 \text{ kgs/lt} = 64.12 \text{ lbs/pie}^3$$

$$D = \frac{0.098 \times (10197)^{0.45}}{(64.12)^{0.31}}$$

$$\log D = \log 0.098 + 0.45 \log 10197 - 0.31 \log 64.12$$

$$D = 1.71 = 2'' \text{ nominal}$$

- De la bomba  $P_2$  al intercambiador de calor:

$$W = 4233.6 \text{ lts/hr} = 9220 \text{ lbs/hr}$$

$$d = 0.99 \text{ kgs/lt} = 61.57 \text{ lbs/pie}^3$$

$$D = \frac{0.098 \times (9220)^{0.45}}{(61.57)^{0.31}}$$

$$\log D = \log 0.098 + 0.45 \log 9220 - 0.31 \log 61.57$$

$$D = 1.61 = 1\frac{1}{2}'' \text{ nominal}$$

- Del intercambiador de calor a la separadora:

Los valores de  $W$  y  $d$  son iguales al caso anterior, por lo tanto el diámetro nominal es:

$$D = 1\frac{1}{2}'' \text{ nominal}$$

- De la bomba  $P_4$  al primer tanque intermedio para emulsión grasa:

$$W = 338.7 \text{ lts/hr} = 737.6 \text{ lbs/hr}$$

$$d = 0.96 \text{ kgs/lt} = 59.7 \text{ lbs/ pie}^3$$

$$D = \frac{0.098 \times (737.6)^{0.45}}{(59.7)^{0.31}}$$

$$\log D = \log 0.098 + 0.45 \log 737.6 - 0.31 \log 59.7$$

$$D = 0.538 = 1/2" \text{ nominal}$$

- Del primer tanque intermedio para emulsión grasa a la concentradora:

Los valores de W y d son iguales al caso anterior por lo tanto el diámetro nominal es:

$$D = 1/2" \text{ nominal}$$

- De la concentradora al segundo tanque intermedio para emulsión grasa:

$$W = 169.35 \text{ lts/hr} = 367.4 \text{ lbs/hr}$$

$$d = 0.95 \text{ kgs/lt} = 59.09 \text{ lbs/ pie}^3$$

$$D = \frac{0.098 \times (367.4)^{0.45}}{(59.09)^{0.31}}$$

$$\log D = \log 0.098 + 0.45 \log 367.4 - 0.31 \log 59.09$$

$$D = 0.395 = 3/8" \text{ nominal}$$

- Del segundo tanque intermedio para emulsión grasa a la purificadora:

Los valores de W y d son iguales al caso anterior, por lo tanto el diámetro nominal es :

$$D = 3/8" \text{ nominal}$$

b) Sistema de recirculación:

- De la separadora a la tubería recolectora de agua recirculante:

$$W = 3400 \text{ lts/hr} = 7480 \text{ lbs/hr}$$

$$d = 1 \text{ kg/lts} = 62.2 \text{ lbs/pie}^3$$

$$D = \frac{0.098 (7480)^{0.45}}{(62.2)^{0.35}}$$

$$\log D = \log 0.098 + 0.45 \log 7480 - 0.31 \log 62.2$$

$$D = 1.54 = 1\frac{1}{2}'' \text{ nominal}$$

- De la concentradora a la tubería recolectora de agua recirculante:

$$W = 680 \text{ lts/hr} = 1490 \text{ lbs/hr}$$

$$d = 1 \text{ kg/lt} = 62.2 \text{ lbs/pie}^3$$

$$D = \frac{0.098 (1490)^{0.45}}{(62.2)^{0.31}}$$

$$\log D = \log 0.098 + 0.45 \log 1490 - 0.31 \log 62.2$$

$$D = 0.7296 = 3/4'' \text{ nominal}$$

- De la purificadora a la tubería recolectora de agua recirculante

$$W = 230 \text{ lts/hr} = 506 \text{ lbs/hr}$$

$$d = 1 \text{ kg/lt} = 62.2 \text{ lbs/pie}^3$$

$$D = \frac{0.098 (506)^{0.45}}{(62.2)^{0.31}}$$

$$\log D = \log 0.098 + 0.45 \log 506 - 0.31 \log 62.2$$

$$D = 0.448 = 3/8'' \text{ nominal}$$

- Tubería recolectora del agua recirculante:

$$W = 4300 \text{ lts/hr} = 9460 \text{ lbs/hr}$$

$$d = 1 \text{ kg/lt} = 62.2 \text{ lbs/pie}^3$$

$$D = \frac{0.098 (9460)^{0.45}}{(62.2)^{0.31}}$$

$$\log D = \log 0.098 + 0.45 \log 9460 - 0.31 \log 62.2$$

$$D = 1.676 = 2'' \text{ nominal}$$

- De la bomba  $P_3$  al intercambiador de calor.-

Los valores de  $W$  y  $d$  son iguales al caso anterior por lo tanto el diámetro nominal es:

$$D = 2''$$

- Del intercambiador de calor a las tinas de lavado de lana:

Los valores de  $W$  y  $d$  son iguales a los dos casos anteriores, por lo tanto el diámetro nominal es:

$$D = 2$$

NOTA: Los diámetros de las tuberías representadas en el " Diagrama de Flujo y Equipo Utilizado en Recuperación de la Grasa del Lavado de la Lana" fueron proporcionados por los fabricantes Alfa De Laval, quienes ofrecen el equipo completo de máquinas y accesorios.

B) Transmisión de calor.- Pérdida de calor en las tuberías:

$$Q = m c ( t_2 - t_1 )$$

$Q$  = Cantidad de calor en  
BTU/lb hr °F

$m$  = Flujo en lbs/hr

$c$  = Calor específico

$t_2$  = Temperatura de salida

$t_1$  = Temperatura inicial

- De los tanques de sedimentación al intercambiador de calor:

$$m = 4233.6 \text{ lts/hr} = 9220 \text{ lbs/hr}$$

$$c = 0.98$$

$$t_2 = 68^\circ\text{F}$$

$$t_1 = 77^\circ\text{F}$$

$$Q = 9220 \times 0.98 (68 - 77)$$

$$Q = - 81320.4 \text{ BTU/hr}$$

- Del intercambiador de calor a la separadora:

$$m = 4233.6 \text{ lts/hr} = 9220 \text{ lbs/hr}$$

$$c = 0.98$$

$$t_2 = 194^\circ\text{F}$$

$$t_1 = 203^\circ\text{F}$$

$$Q = 9220 \times 0.98 (194 - 203)$$

$$Q = - 81,320.4 \text{ BTU/hr}$$

- De la separadora al primer tanque intermedio para emulsión grasa:

$$m = 338.7 \text{ lts/hr} = 737.6 \text{ lbs/hr}$$

$$c = 0.95$$

$$t_2 = 167^\circ\text{F}$$

$$t_1 = 176^\circ\text{F}$$

$$Q = 737.6 \times 0.95 (167 - 176)$$

$$Q = - 6306.48 \text{ BTU/hr}$$

- Del primer tanque intermedio para emulsión grasa a la concentradora

$$m = 338.7 \text{ lts/hr} = 737.6 \text{ lbs/hr}$$

$$c = 0.95$$

$$t_2 = 194^\circ\text{F}$$

$$t_1 = 203^\circ\text{F}$$

$$Q = 737.6 \times 0.95 (194 - 203)$$

$$Q = - 6306.48 \text{ BTU/hr}$$

- De la concentradora al segundo tanque intermedio para emulsión grasa:

$$m = 169.35 \text{ lts/hr} = 367.4 \text{ lbs/hr}$$

$$c = 0.93$$

$$t_2 = 167^\circ\text{F}$$

$$t_1 = 176^\circ\text{F}$$

$$Q = 367.4 \times 0.93 (167 - 176)$$

$$Q = 3075.14 \text{ BTU/hr}$$

- Del segundo tanque intermedio para emulsión grasa a la purificadora:

$$m = 169.35 \text{ lts/hr} = 367.4 \text{ lbs/hr}$$

$$c = 0.93$$

$$t_2 = 194^\circ\text{F}$$

$$t_1 = 203^\circ\text{F}$$

$$Q = 367.4 \times 0.93 (194 - 203)$$

$$Q = - 3075.14 \text{ BTU/hr}$$

#### 4.- Transferencia de calor en el intercambiador de calor

- Calor absorbido por el efluente.-

$$m = 4233.6 \text{ lts/hr} = 9220 \text{ lbs/hr}$$

$$c = 0.98$$

$$t_2 = 20^\circ\text{C} = 68^\circ\text{F}$$

$$t_1 = 95^\circ\text{C} = 203^\circ\text{F}$$

$$Q = 9220 \times 0.98 (203 - 68)$$

$$Q = 1'219,806 \text{ BTU/hr}$$

- Calor perdido por el agua recirculante.-

$$m = 4300 \text{ lts/hr} = 9460 \text{ lbs/hr}$$

$$c = 1$$

$$t_2 = 90^\circ\text{C} = 194^\circ\text{F}$$

$$t_1 = 25^\circ\text{C} = 72^\circ\text{F}$$

$$Q = 9460 \times 1 (72 - 194)$$

$$Q = - 1'154,120 \text{ BTU/hr}$$

La diferencia entre el calor absorbido por el efluente y el calor perdido por el agua recirculante da 65,686 BTU/hr °F que son suministrados por el serpentín de vapor a 120°C existente en la zona de calentamiento del intercambiador de calor.

ESTUDIO ECONOMICO

COSTO DEL EQUIPO

Equipo Básico.-

- Tanque sedimentador con filtro y flotador incluyendo material de aislamiento (5 m <sup>3</sup> ).	\$f. 20,800.00
- Tanque sedimentador con filtro e indicador de nivel incluyendo material de aislamiento.	20,800.00
- Intercambiador de calor - De Laval 131EB con 50 platos tipo 18/8 de espesor 0.8 mm. para calentar 4500 lts./hr. de efluente.	40,040.00
- Tanque intermedio para el agua de lavado (1 m <sup>3</sup> ).	3,068.00
- Separador primario tipo FVK4R y Bomba P4.	83,200.00
Discos intermedios de acero inoxidable.	3,536.00
Motor de 5HP x 60 x 220/380 V.	3,224.00
Arrancador.	1,040.00
- Tanque intermedio para emulsión de grasa con serpentín de vapor y rociador, aislado incluyendo material de aislamiento	9,100.00
- Separador secundario tipo B-779-A y Bomba P5.	30,576.00
Discos intermedios de acero inoxidable.	1,950.00
Motor de 35HP, 3 x 60 x 220/380 V.	2,704.00
Arrancador.	494.00
- Tanque intermedio para emulsión de grasa con serpentín de vapor y rociador, aislado incluyendo material de aislamiento.	9,100.00
- Separador terciario tipo B-719-A y Bomba P2.	30,576.00
Discos intermedios de acero inoxidable.	1,950.00
Motor de 35HP, x x 60 x 220/380 V.	2,704.00
Arrancador.	494.00
- Tanque para agua caliente con serpentín de vapor con capacidad de 0.5 m <sup>3</sup> , aislado incluyendo material de aislamiento.	4,680.00
- Mesa para limpieza de los separadores.	4,680.00
- Grua para máximo 1000 Kgs.	2,860.00
- Bomba P1 para agua de lavado con motor de 3HP, 3 x 60 x 220/380 V. y arrancador completamente cerrado.	30,680.00
Switch con flotador.	2,470.00
- Bomba P2 para enviar agua sedimentada al intercambiador de calor con motor de 2HP, 3 x 60 x 220/380 V. completamente cerrado.	5,980.00
Arrancador.	572.00
- Bomba P3 para enviar de la lera. centrífuga al intercambiador de calor con motor de 2HP, 3 x 60 x 220/380 V. completamente cerrado.	5,980.00



Arrancador	572.00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 323,830.00</b>

**Tuberías y Accesorios.-**

2	Válvulas de cierre (corredera) de 1" V13 y V17 a \$ 57.20 c/u	\$	114.40
2	Válvulas de cierre (corredera) de 1½" V8 y V23 a \$ 98.80 c/u.		197.60
1	Válvulas de cierre (corredera) de 2" y V7,		145.60
6	Válvulas de cierre (corredera) de 3" V2, V3, V4, V5, V6, V21 a \$ 369.20 c/u.		2,215.20
4	Válvulas de cierre (llave de macho) de 1" V11, V14, V15, V18 a \$ 72.80 c/u.		291.20
1	Válvula de cierre (tipo hongo) de ¾" V210.		62.40
1	Válvula de cierre (tipo hongo) de ¾" con conexión para manguera V209.		72.80
2	Válvulas reguladoras (corredera) de 1½" V10 y V211 a \$ 98.8 c/u.		197.60
1	Válvula reguladora (corredera) de 3" V1.		369.20
3	Válvulas reguladoras (tipo hongo) de ½" V204, V206, V208 a \$ 67.6 c/u.		202.80
2	Válvulas reguladoras (tipo hongo) de 1" V203 y V205 a \$ 88.4 c/u.		176.80
4	Válvulas reguladoras (aguja) de ¾" V105, V107, V202 y V208 a \$ 78.00 c/u.		312.00
1	Válvula de flotador de 1" 201.		1,066.00
1	Válvula de flotador de 1½", V0.		1,138.80
1	Válvula de flotador de 2", V20.		1,456.00
2	Llaves de tres pasos de 1", V12 y V16 a \$ 176.80 c/u.		353.60
1	Llave de tres pasos de 1½", V22		265.20
1	Llave de tres pasos de 2½", V19.		1,014.00
1	Filtro de 2½" V101.		551.20
1	Válvula de vapor (reductora) de 2½" V102		4,617.60
3	Trampas de vapor de ¾" V106, V108, V110 a \$ 78.50 c/u.		2,355.60
1	Trampa de vapor de 1" V104.		910.00

Tuberías:	Diámetro Interno	Longitud
	½"	5 m
	¾"	10 m
	1"	30 m
	1½"	15 m

	2 1/2"	10 m	
	3"	20 m	4,680.00
Accesorios y Conexiones para tubería			4,680.00
TOTAL			\$/ 27,445.60

**Instrumentos de Control.-**

1	Control de temperatura de 2" V109.	\$/	3,515.20
1	Control de temperatura de 1 1/2 tipo Kalle V103.		9,620.00
10	Termómetros (de vidrio con estuche protector T1, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T201, T202, T203 a \$/ 468.00 c/u.		4,680.00
1	Termómetro de punta T2.		182.00
2	Manómetros M1 M2 a \$/ 145.60 c/u.		291.20
1	Medidor de flujo de 3", F1 (límites de medida: 5 - 15m <sup>3</sup> ).		7,358.00
1	Medidor de flujo de 1 1/2", F2 (límites de medida: 1600 - 5000 Lts.Hr.).		2,314.00
1	Medidor de flujo de 1" F3 (límites de medida: 300 - 1000 lts./hr.).		2,314.00
1	Medidor de flujo de 1" F4 (límites de medida: 10 - 300 lts./hr.).		2,314.00
TOTAL			\$/ 32,588.40

**Repuestos y Herramientas.-**

-	Empaquetaduras de jebe para platos y conexiones del intercambiador y el cemento y pegamento en polvo necesario.	\$/	1,950.00
-	Juego de repuestos para el motor del separador primario.		78.00
	Juego de repuestos para el arrancador		468.00
-	Juego de repuestos para el motor del separador secundario.		78.00
	Juego de repuestos para el arrancador		260.00
-	Juego de repuestos para el motor del separador terciario.		93.60
	Juego de repuestos para el arrancador		260.00
-	Juego de repuestos para la bomba P1.		10,400.00
-	Juego de repuestos para el arrancador del motor de P2.		312.00
-	Juego de repuestos para el arrancador del motor de P3.		312.00

Juego de herramientas para el separador primario	2,080.00
TOTAL	S/ 16,292.60

RESUMEN

Total Importación	S/ 400,155.60	FOB - STOCKHOLM
+ 20%	<u>80,031.12</u>	
Derechos Aduana	S/ 480,186.72	CIF - CALLAO
+ 30%	<u>144,056.02</u>	
Derechos/Kg. bruto	S/ 624,242.74	
Costo total del equipo	<u>13,643.00</u>	
	S/ 637,885.74	
	=====	
	S/ 638,000.00	

GASTOS DE FORMACION DE SOCIEDAD

Capital : \$ 800,000.00

- Impuestos de Registro : 2% sobre el capital		\$ 16,000.00
- Timbres sobre acciones: 1% sobre el capital		8,000.00
- Derechos de Inscripción:		
Por los primeros \$ 25,000.00	\$ 11.25	
De \$ 25,000.00 a \$ 50,000.00 3/4%	18.75	
Más de \$ 50,000.00 2%	<u>1,500.00</u>	
	\$ 1,530.00	
Más 10%	153.00	1,683.00
- Gastos Notariales:		
Para un capital entre \$ 700,001.00 y \$ 800,000.00		2,000.00
- Abogado : 1/2% del capital		4,000.00
- Patente :		
Para un capital entre \$ 700,001.00 y \$ 850,000.00		<u>8,800.00</u>
	TOTAL	\$ 42,983.00

GASTOS DE INSTALACION DEL EQUIPO

- Costo de instalación en sí: 5% del costo del e - quipo		\$ 31,900.00
- Costo de materiales eléctricos		<u>500.00</u>
		\$ 32,400.00

COSTO DEL PRODUCTO

1.- Costo de Fabricación.-

A.- Costo directo.-

- Materia prima: Se estimará un costo de \$/ 1.00 por metro cúbico de agua de lavado de lana  
7,631 m<sup>3</sup> x 1.00 \$/m<sup>3</sup> \$/ 7,631.00 \$/ 7,631.00

B.- Costo indirecto.-

- Sueldo: Supervisor \$/ 5,000.00 mensuales. 60,000.00  
Beneficios Sociales 50% 30,000.00  
- Salario: Obrero \$/ 80.00/día 28,800.00  
Beneficios Sociales 60% 17,280.00 136,080.00

C.- Gastos Generales de Fabricación.-

a) Gastos Fijos.-

- Alquiler del local: 8% anual sobre el valor del local y el edificio: \$/ 80,000.00 x 0.08 6,400.00  
- Mantenimiento del local 5,000.00  
- Depreciación del equipo: 10% anual sobre el costo del equipo 63,800.00  
- Mantenimiento del equipo: 5% anual sobre el costo del equipo 31,900.00  
- Depreciación del equipo de oficina: 10% anual sobre el costo del equipo 550.00  
- Mantenimiento del equipo de oficina: \$/ 50.00/mes x 12 meses 600.00  
- Seguros: Equipo- 5% del costo del equipo 3,190.00  
Local y edificio 3.75% del costo: 0.00375 x \$/ 80,000.00 300.00 111,740.00

b) Gastos Variables.-

- Consumo de combustible 18,000 gls/año x 1.8 \$/gl	\$	32,400.00	
- Consumo de agua 2,000 m <sup>3</sup> /año x 0.50 \$/m <sup>3</sup>		1,000.00	
- Consumo de energía eléctrica 26,800 kw-hr/año x 0.30 \$/kw hr		8,040.00	
20,100 kwr h/año x 0.16 \$/kwr hr		3,216.00	\$ 44,656.00

COSTO ANUAL DE FABRICACION \$ 300,107.00  
=====

2.- Costo de Ventas.-

A.- Gastos de ventas locales (18 tons./año)

- Transporte \$200.00 /ton. 18 tons. x \$ 200.00/ton		3,600.00	
- Envases: \$ 95.00 c/u. cilindros por 55 glns. equivalente a 195 kgs. 92 envases x \$ 95.00 c/u		8,740.00	
- Timbres sobre ventas: 5% 18 tons/año x 18,000 \$ /ton x 0.05		16,200.00	28,540.00

B.- Gastos de Exportación (42 tons./año)

- Transporte : \$ 200.00/ton. 42 tons x \$ 200.00		8,400.00	
- Envases / \$ 95.00 c/u. cilindros de 55 glns. equivalente a 195 kgs. 216 envases x \$ 95.00 c/u		20,520.00	
- Flete : 13 £/ton. 13£/ton x 42 ton/año x 75.03 \$/£		40,966.38	
- Seguros de mercaderías: 1% del precio 0.01 x \$ 15,000.00 x 42 tons.		6,300.00	
- Derechos de Aduana Ley 7540 - 1% del valor de la mercadería			

Ley 14920 -1% del valor de la mercadería

0.02 x 630,000.00 \$ 12,600.00

Ley 11537 - 2% del valor del flete

Ley 13836 - 2% del valor del flete

0.04 x 40,966.38 1,638.65 14,238.65

- Timbres sobre ventas 5%

42 tons/año x 15,000 \$/ ton x 0.05 31,500.00 121,925.03

COSTO ANUAL DE VENTAS \$ 150,465.03

=====

Costo total anual del producto.-

1.- Costo de Fabricación \$ 300,107.00

2.- Costo de Ventas 150,465.03

\$ 450,572.03

=====

Costo Unitario =  $\frac{450,572.03}{60}$  = \$ 7,509.53 / ton. Prod.

60

DETERMINACION DE LA UTILIDAD

Ventas anuales.-

1.- Mercado local : \$/ 18,000.00/ton. \$/ 18,000.00/ton x 18 tons.	\$/ 324,000.00	
2.- Exportación : \$/ 15,000.00/ ton. \$/ 15,000.00/ton. x 42 tons.	630,000.00	\$/ <u>954,000.00</u>

Utilidad bruta.-

- Ventas anuales	\$/ 954,000.00	
- Costo del producto	- 450,572.03	\$/ <u>503,427.97</u>

Utilidad neta.-

- Utilidad bruta	\$/ 503,427.97	
- Impuestos a las utilidades (30%)	- 151,028.39	
- Impuesto Pro-desocupados (2%)	- 10,068.56	\$/ <u>342,331.02</u>



DETERMINACION DEL CAPITAL

A.- Capital Fijo.-

1.- Equipo	\$/ 637,885.74	
2.- Equipo de oficina	5,500.00	\$/ 643,385.74

B.- Capital de Trabajo.-

1.- Gastos de instalación	32,400.00	
2.- Costo de fabricación (60 días)	50,018.00	
3.- Costo de ventas (30 días)	17,950.00	
4.- Envases (5 tons.)	2,470.00	
5.- Gastos diferidos	53,776.26	156,614.26
		<u>156,614.26</u>
		\$/ 800,000.00

RETORNO A LA INVERSION

$$\text{Retorno a la inversión} = \frac{\text{Utilidad neta anual} \times 100}{\text{Capital}}$$

$$\text{Retorno a la inversión} = \frac{30'820,158}{800,000} = 38.52\%/\text{año}$$

PUNTO DE EQUILIBRIO

Gastos Fijos.-

Sueldos y Salarios	\$ 136,080.00	
Alquiler	6,400.00	
Mantenimiento del local	5,000.00	
Depreciación del equipo	63,800.00	
Mantenimiento del equipo	31,900.00	
Seguros	3,490.00	\$ 246,670.00

Gastos Variables.-

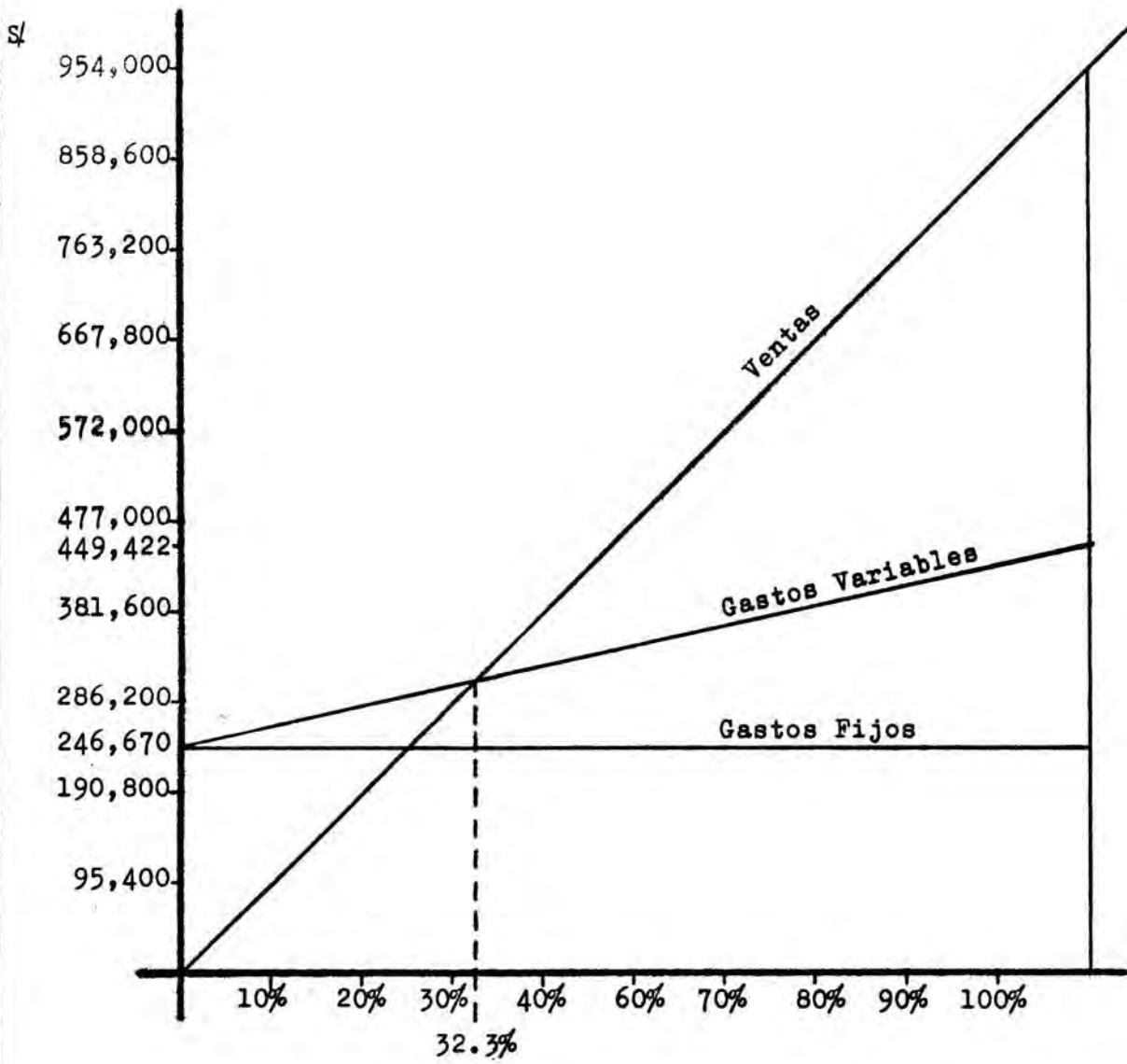
Materia Prima	7,631.00	
Consumo de Combustible	32,400.00	
Consumo de agua	1,000.00	
Consumo de Energía eléctrica	11,256.00	
Gastos de Ventas locales	28,540.00	
Gastos de Exportación	121,925.00	202,752.00

T O T A L \$ 449,422.00

-----

Según el gráfico, el punto de equilibrio se alcanza con una producción del 32.3% equivalente a 19,380 kgs. de lanolina, con lo que se cubriría totalmente la demanda del mercado nacional, haciendo notar que en el caso de no exportar, el punto de equilibrio sería aún menor puesto que el precio local es mayor que el de exportación y los gastos de ventas locales menores.

PUNTO DE EQUILIBRIO

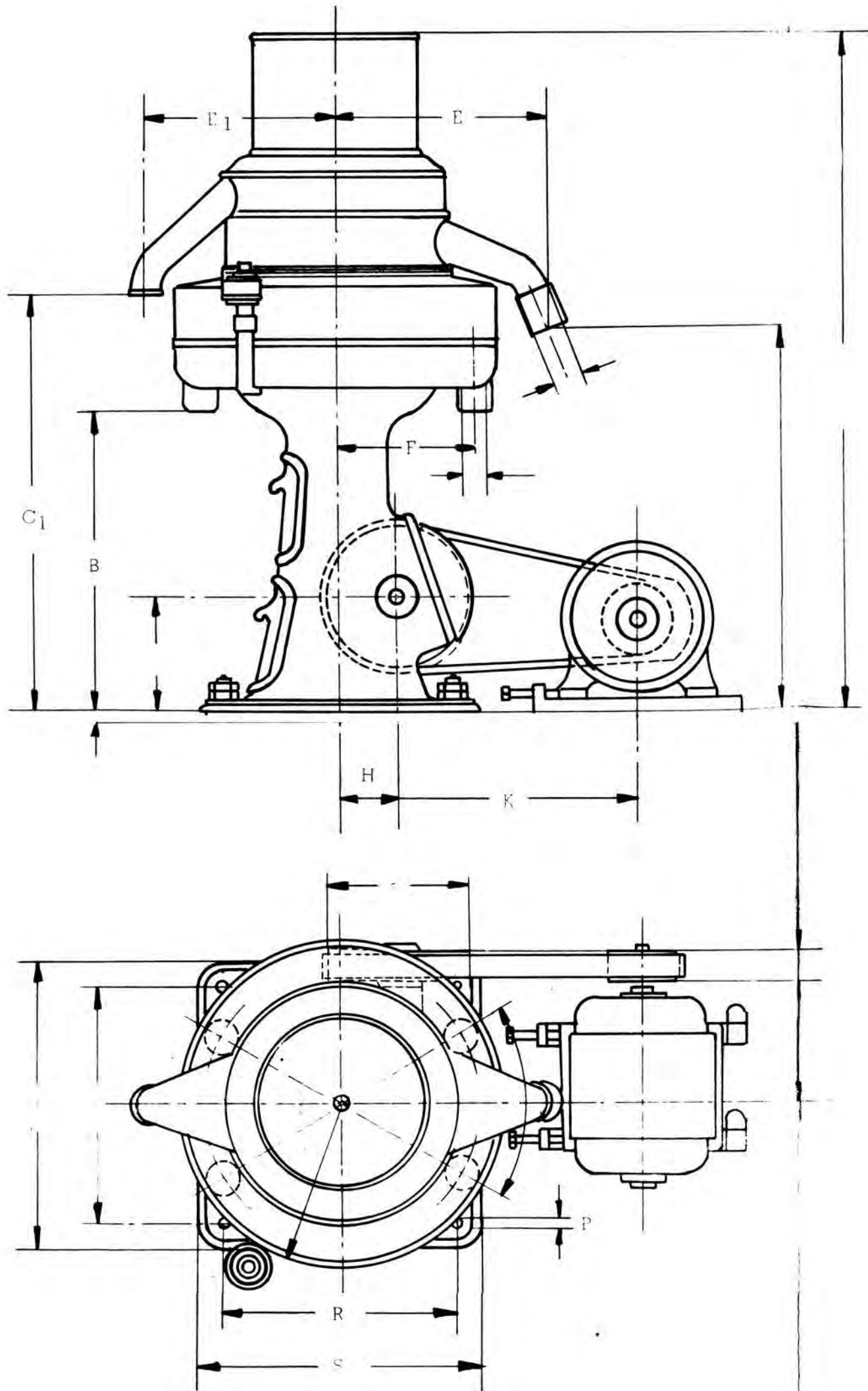


B I B L I O G R A F I A

- "Treatment of Effluents From Dye Houses and Textile Factories"  
J. H. Garner
- "Report to Commissioners of City of Passaic on Factory Wastes"  
G. W. Knight
- "Wool Scouring Waste liquors, Composition and Disposal"  
F. Veitch and Lion C. Benedict
- "Textile Waste Treatment and Recovery"  
John C. Geyer, William A. Perry
- "Unit Operations of Chemical Engineering"  
Warren L. McCabe - Julian C. Smith
- "Enciclopedia de Tecnología Química"  
Kirk Othmer
- "Manuel del Ingeniero Químico"  
John Perry
- "Diseño de Planta"  
Vilbrandt
- "Manual de la Producción"  
L. P. Alford, John R. Bangs, George E. Hagemann
- "Tratamiento de Desperdicios"  
Victor R. Oviedo
- Folletos De Laval
- "Impuestos en el Perú" - Conaco 1964
- "Anuario del Comercio Exterior"  
Ministerio de Hacienda y Comercio
- "Perfiles Industriales" - Centro Regional de Ayuda Técnica
- "Situación de la Industria Peruana en 1963"  
I.N.P.I.

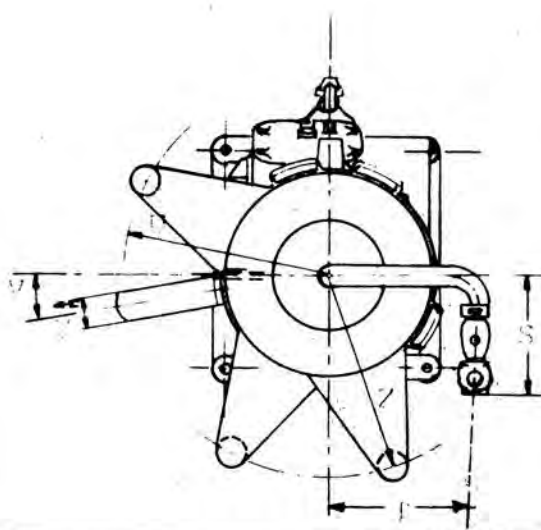
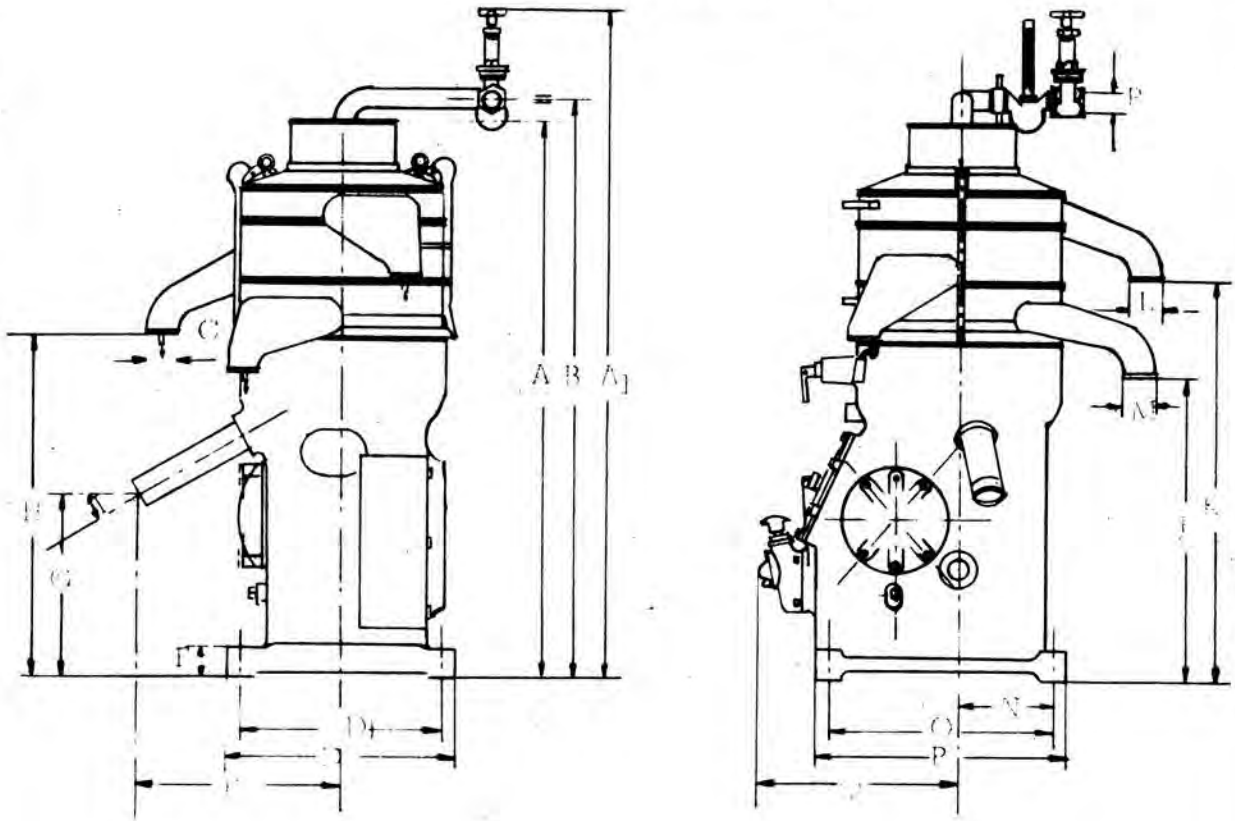
CENTRIFUGA DE BOQUILLA

DE LAVAL FVK4R



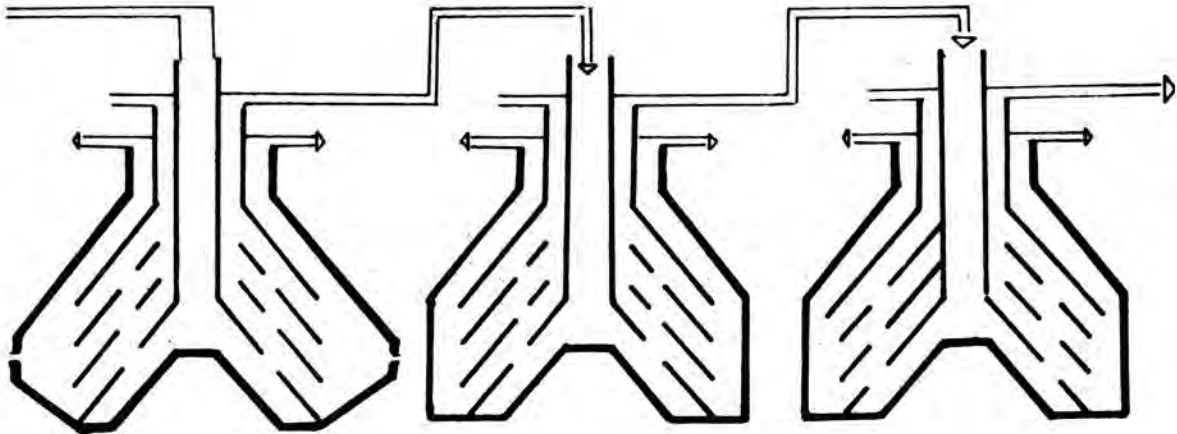
A	B	C1	D	E	E1	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
235	400	1481	138		100	138										100	235			2"

DISEÑO DE LA CENTRIFUGA DE DISCOS  
DE LAVAL B779A



A	A1	B	C	D	D1	E	F
110	140	150	57	110	90	285	6
G	H	I	J	K	L	M	N
3/0	7"	10°	60	70	57	57	10
O	P	Q	R	S	T	U	V
12"	435	300	R 1 1/4	203	292	400	4°
V	Z	Dimensiones en milímetros					
R 1	100						

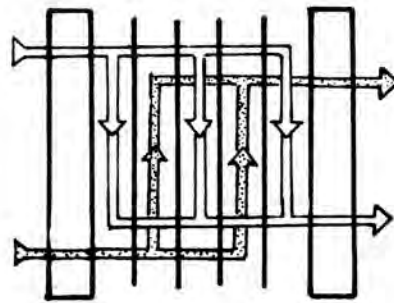
DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO



Separador  
Primario

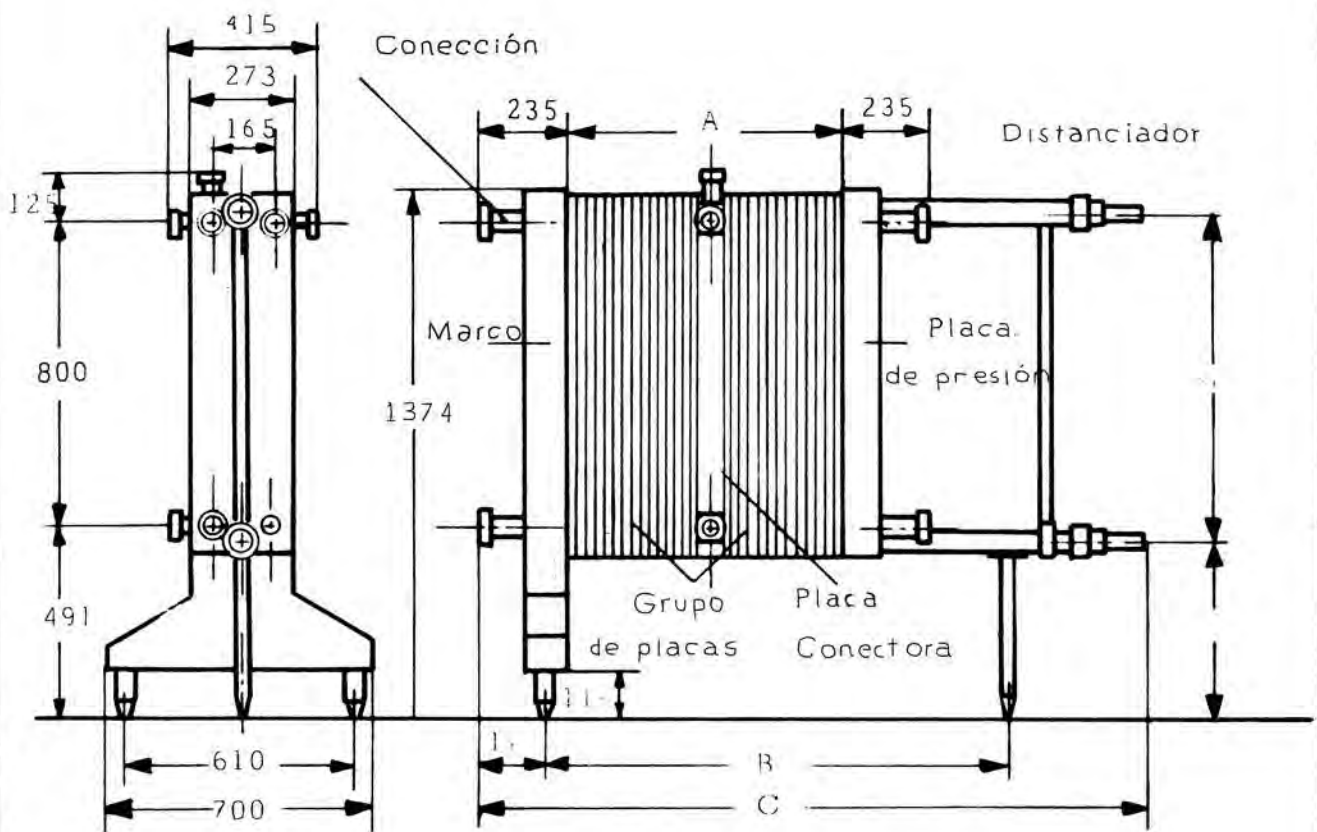
Separador  
Secundario

Separador  
Terciario



Intercambiador de  
calor

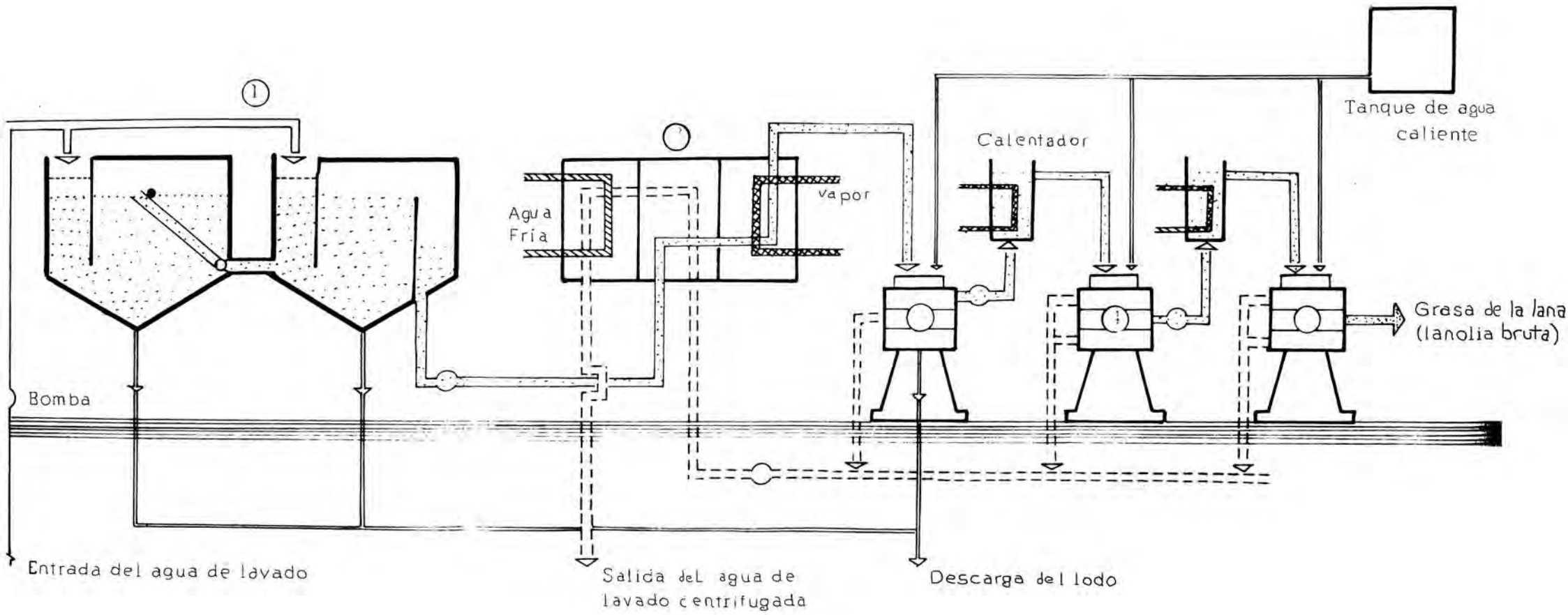
## INTERCAMBIADOR DE CALOR



Dimensiones en milímetros

A	B-min	B-max	C-min	C-max
345	A + 560	A + 730	A + 1050	A + 1400





1. Tanques de decantación
2. Intercambiador de calor
3. 4. y 5. Centrifugas