

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA

“DISEÑO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN PARA EL APROVECHAMIENTO  
DEL SUERO LÁCTEO DESECHADO EN LA INDUSTRIA GUATEMALTECA Y  
SU CONVERSIÓN EN CONCENTRADO PROTEÍNICO WPC (WHEY  
PROTEIN CONCENTRATE)”

TESIS

PRESENTADA AL CONSEJO  
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**JORGE ROBERTO ÁLVAREZ ESTRADA**

PREVIO A CONFERÍRSE EL TÍTULO DE

**INGENIERO QUÍMICO**

EN EL GRADO ACADÉMICO DE:

**LICENCIADO**

GUATEMALA, OCTUBRE DEL 2006

## HOJA DE AUTORIDADES

### Autoridades de la Universidad:

Rectora	Licda. Guillermina Herrera
Vicerrector General	Ing. Jaime Carrera
Vicerrector Administrativo	Lic. José Alejandro Arevalo
Vicerrector Académico	Padre Rolando Alvarado S.J.
Secretario General	Lic. Larry Amilcar Andrade Abularach
Director Financiero	Ingra. Rosa María Medina
Director Administrativo	Ing. Carlos Rafael Rosales

### Autoridades de la Facultad de Ingeniería

Decano	Ing. Alvaro Zepeda
Vicedecano	Ing. Herbert Armando Smith Brolo
Secretaría	Ingra. María Regina Castañeda
Director del Departamento de Ingeniería Industrial	Ingra. Gretel Meng
Director del Departamento de Ingeniería Mecánica	Ing. Erick Cordon
Director del Departamento de Ingeniería Civil	Ing. José Carlos Gil Rodríguez
Director del Departamento de Ingeniería en Informática	Ing. Leonel Morales
Director del Departamento de Ingeniería Química	Ing. Ramiro Muralles Araujo
Director de Maestría en Administración Industrial	Ing. Lionel Pineda López
Representante de Catedráticos	Ing. Mario Santizo
Representante Estudiantil	Br. Carolina Escobedo

Reg. FI-540-06

**NOTIFICACIÓN**

A: Jorge Roberto Alvarez Estrada  
Carné No. 22616-01  
Ingeniería Química Industrial

DE: Ingeniera  
Regina Castañeda  
Secretaria de Facultad de Ingeniería

FECHA: Guatemala 27 de Noviembre de 2006

  
UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Secretaría  
Guatemala, G. A.

De acuerdo a la aprobación de la Defensa Privada de Tesis, Según consta en el Acta No. IQI-20-2006 del día 9 de noviembre del 2006, denominada: **"DISEÑO DE UNA LINEA DE PRODUCCIÓN PARA EL APROVECHAMIENTO DEL SUERO LACTEO DESECHADO EN LA INDUSTRIA GUATEMALTECA Y SU CONVERSIÓN EN CONCENTRADO PROTEÍNICÓ WPC (WHEY PROTEIN CONCETRATE)"**, la Secretaria de la Facultad de Ingeniería **autoriza su impresión**, previo a su graduación profesional de Ingeniero Químico Industrial, en el grado académico de Licenciado.

Atentamente,

## **Dedicatorias**

A mi Dios y Padre Jesús, quien ha sido día a día mi guía, mi amado, a quien todo lo debo y a quién le agradezco lo que hoy soy, porque reconozco que Él lo hizo todo. Gracias Jesús y sea toda la Honra y la gloria a ti hoy y siempre.

A mis Padres, por todo su cariño, apoyo, comprensión y confianza a lo largo de mi carrera. Dios les cuide siempre y los prospere siempre. Los quiero mucho.

A mis hermanos, Carlos y Ubal, ya que siempre han sido bendición, alegría y guías en mi vida. Que Dios derrame bendiciones en ustedes y en sus familias hasta que sobreabunde.

A mis abuelos, Gabriel, Carlota y Rigoberto Gracias por su ayuda siempre.

A mi abuelita Toyita, por ser la mujer más amorosa que he conocido, por tener un corazón que siempre dió y nunca pidió nada a cambio, por ser la mujer que más he admirado en mi vida porque su corazón siempre fue grande. Gracias Toyita. Te quiero mucho y te voy a recordar por siempre.

A mis tíos, Edgar, Jeannette, María Isabel, Billy y Rene créanme que si Dios no hubiera tocado sus corazones y los hubiera puesto como mis ángeles, no lo hubiera logrado. Gracias por su amor, sus consejos y su paciencia. Dios les devuelva al mil por mil.

A mis grandes Amigos Roberto y Silvana Felipe, por ser mis guías en Dios y para Dios. Créanme que he aprendido mucho de ustedes. Gracias por todo y Dios les siga dando el don que ustedes tienen.

## **Agradecimientos**

Al Ingeniero Roberto Palacios, por su ayuda, su paciencia y su apoyo. Dios lo bendiga mucho.

A todos mis catedráticos de la Universidad, por compartir sus conocimientos, por motivarme en cada paso de mi carrera y por ayudar en mi formación profesional.

A mi asesor Ingeniero Cristian Rossi, Gracias por su paciencia y su ayuda.

A todos mis amigos, por lo buenos y los malos momentos, porque de todo aprendimos y formamos nuestro carácter y experiencia. Gracias.

# ÍNDICE

## MARCO I INTRODUCCIÓN

1.1	Introducción	1
1.2	Antecedentes	2
1.3	Marco teórico	3
	1.3.1 Leche	3
	1.3.2 Suero de leche	3
	1.3.3 Composición del suero de leche	3
	1.3.4 Proteínas de Leche	4
	1.3.5 Estructuras de las proteínas de la leche	5
	1.3.6 Estado nativo y desnaturalización	6
	1.3.7 Propiedades lónicas y físicas de las proteínas de la leche	7
	1.3.8 Reacciones de las proteínas de la leche	8
	1.3.9 Métodos de separación	9-11
	1.3.10 Procesamiento Industrial del lactosuero	12
	1.3.11 Proceso de separación por centrifugación	15
	1.3.12 Pasteurización	16
	1.3.13 Secadores por aspersión	18
	1.3.14 Evaporador	18
	1.3.15 Empaque	19
	1.3.16 Selección de Tuberías	20

## MARCO II PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

	Planteamiento del problema	21
2.1	Objetivos	
	2.1.1 Objetivo General	22
	2.1.2 Objetivos Específicos	22
2.2	Hipótesis	22
2.3	Variables de Estudio y Definición	23-24
2.4	Alcances y Límites	25-26
2.5	Aportes	27

## MARCO III MÉTODO

3.0	Sujetos y Unidades de Análisis	26
3.1	Instrumento de Estudio	26
3.2	Procedimiento	27

## MARCO IV RESULTADOS

	Estudio técnico	28
4.1	Descripción del Producto	28-29
4.2	Análisis del sector industrial	30
	4.2.1 Competencia actual	30
	4.2.2 Proveedores	30
	4.2.3 Clientes	31
	4.2.4 Competencia Potencial	32
	4.2.5 Productos Sustitutos	32
	4.2.6 Análisis de Precios	32
	4.2.7 Capacidad de la línea	33
	4.2.8 Materia prima	33
	4.2.9 Análisis del proceso productivo	35-41
	4.2.10 Equipo	41-42
	4.2.11 Inversión y costos de Fabricación	43-44

MARCO V	
Discusión	44-47
MARCO VI	
Conclusiones	48
MARCO VII	
Recomendaciones	49
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50-51
ANEXOS	
1.    Métodos de Distribución en Planta	52-55
2.    Hoja de Calidad del Producto	56-57
3.    Cálculos para Dimensionar el Equipo	58-67
4.    Volumen anual de suero desechado	68
5.    Gráficas de Producción de Leche y Derivados	69-72
6.    Cotizaciones y Características del Equipo	73-91
9.    Estimación de Balance de Masa	92-94

## RESUMEN

Esta investigación se centró en el diseño de una línea de producción para la recuperación y concentración de la proteína contenida en el suero de leche mediante métodos físicos, químicos y mecánicos. La proteína de suero de leche viene a ser un producto de alto valor nutritivo y por lo tanto también de alto valor industrial. La composición del lactosuero invita a la recuperación tanto de sus proteínas (denominadas comúnmente solubles) como de sus carbohidratos. De hecho, el suero es una disolución acuosa de lactosa (50g/L aproximadamente) y de proteínas (un 20%, que corresponden a 6g/L) que contiene además sales y materia grasa residual, así como restos de caseína.

Debido a que hoy en día el suero es un subproducto de la industria láctea poco apreciado que además de desecharse al alcantarillado, se mal utiliza en productos empíricos como la producción de requesón (donde la proteína es totalmente desnaturalizada). Se planteó en este estudio una forma rentable de recuperar la proteína del suero, el proceso industrial y los factores de selección de materiales y equipo así como el dimensionamiento de la misma.

El estudio también plantea un sondeo de mercado, los factores técnicos de procesamiento, los factores de recolección, control de calidad del producto, volúmenes de producción, costo de materiales etc., así como datos importantes que podrían ser útiles a cualquier empresa procesadora de lácteos Guatemalteca y servir como un modelo para una extensión en sus plantas aprovechando así un bien hoy desechado.

Por último es importante mencionar que si es factible hoy en día la recuperación del suero lácteo, su transformación y concentración mediante el proceso de ultrafiltración, así como su comercialización como WPC 34, planteándose esta investigación como un gran aporte para la industria láctea guatemalteca y la industria alimenticia en general.



## MARCO I

### 1.1 Introducción

El lactosuero según la teoría es la fracción líquida de la leche, que se separa de la cuajada durante la fabricación del queso, en una relación aproximada de 9 kg de suero, por cada kilogramo de queso producido. Uno de los principales problemas de la industria láctea guatemalteca es la cantidad de lactosuero que ésta genera. El lactosuero representa el 83% del volumen total de la leche tratada y contiene de 6 - 8% de materia sólida en masa. Debido a esta carga orgánica (azúcares y proteínas), la contaminación correspondiente al mismo es muy fuerte, lo que hace que su vertido directo a los ríos impida la actividad biológica normal de la vida acuática. Es importante señalar que 1,000 litros de lactosuero contienen más de 9 kg de proteína de alto valor nutricional, 50 kg de lactosa y 3 kg de grasa lo que es equivalente a los requerimientos diarios de proteína de 130 personas y a los de energía de más de 100 personas. En términos de composición y valor energético, los sólidos del lactosuero son comparables a la harina de trigo.

Por lo tanto es de gran importancia la recuperación, en forma rentable y competitiva, de las proteínas, lactosa y derivados del lactosuero. Los concentrados obtenidos a partir del lactosuero son importantes en el plano nutricional biológico y tecnológico, ya que son utilizados en la elaboración de alimentos infantiles, suplementos alimentarios proteicos y dietéticos. Así, este trabajo aporta a la industria guatemalteca una alternativa de bajo costo para la obtención de materias primas para la fabricación de alimentos con gran calidad proteica, que ayudaría a varios sectores de nivel adquisitivo medio y bajo de la sociedad.

El objetivo principal de la investigación fue el diseñar una línea productiva para el procesamiento del suero de leche desechado en la industria láctea guatemalteca y recuperar la proteína en forma concentrada.

## 1.2 Antecedentes (Revisión Bibliográfica)

- En Guatemala se emplean los concentrados proteicos del suero como materia prima, en la elaboración de productos alimenticios, como es el caso de la heladería, cremería, pastelería, etc. También se comercializan como suplementos deportivos de alto valor nutritivo.
- Las proteínas del suero del queso tienen excelentes propiedades funcionales y un valor nutritivo muy alto debido a su excepcional contenido de lisina, triptófano y aminoácidos azufrados. A pesar de estas cualidades, durante muchos años las proteínas del suero no se usaron para consumo humano, sino sirvieron de alimento para porcinos. Fueron desechadas por cloacas y ríos o se dispersaban sobre los campos, por lo que se provocó contaminación del medio ambiente. (Graselli, Navarro y Fernández, 1997, Revista Alimentación, Equipo y Tecnología).
- La industria láctea ha aumentado su producción en la última década de forma muy rápida tanto en lo que respecta a la industria lechera como derivados, entre los que cabe destacar la producción de queso. Estos procesos implican la generación de subproductos como el lactosuero en la fabricación de queso. Este producto es rico en lactosa, grasa, proteínas, minerales y vitaminas, lo que debería causar un interés en su aprovechamiento (O. Gliner y M. Reventos, Universidad Politécnica de Cataluña, 2001, Revista Alimentación, Equipo y Tecnología).
- Gutiérrez B. (1997), en su tesis: “Determinación de factores que inciden en la satisfacción del usuario industrial guatemalteco de productos lácteos importados”, planteó como objetivo primordial demostrar que los factores determinantes como precio, calidad del producto y servicio, inciden en la satisfacción del usuario industrial guatemalteco que requiera de productos lácteos importados. Logra concluir que los factores de precio, calidad y servicio al cliente son tomados en cuenta por las industrias alimenticias para elegir a que proveedor se le comprarían los productos lácteos en polvo.
- Pineda D. (2003) en la investigación “Estudio de factibilidad técnico-financiero para elaboración de una bebida nutritiva a partir de suero de leche”, pretendía determinar si es factible la utilización del suero para la fabricación de una bebida saborizada, que cumpla con todos los estándares de calidad correspondientes. Su principal conclusión fue que el producto es técnica y económicamente factible de fabricar, ya que el producto tuvo una excelente aceptación en los consumidores de bebidas lácteas y las condiciones de proceso fueron bastante favorables.

## Marco Teórico

### 1.3.1 Leche

Es la secreción normal de animales mamíferos, obtenida mediante uno o más ordeños, sin ningún tipo de adición o extracción.

Se considera que la leche contiene tres componentes fundamentales: agua, grasa y sólidos no grasos. La materia orgánica de la porción no grasa consiste en su mayoría en caseína y proteínas del suero, junto con la lactosa y los ácidos láctico y cítrico (Kirk, Sawyer y Egan, 1999).

**Tabla 1.1 Composición aproximada de la leche**

<b>Componente</b>	<b>% (m/m)</b>
Agua	87.40
Proteínas	3.30
Grasa	3.90
Lactosa	4.60
Cenizas	0.72

*Fuente: (Kirk, 1999)*

### 1.3.2 Suero de leche

Es el residuo líquido remanente después de la fabricación del queso, el cual contiene proteínas de alto valor nutritivo. Cuando se va a fabricar el queso, se agregan a la leche enzimas coagulantes, las que catalizan la ruptura de un solo enlace peptídico de la  $\kappa$ -caseína, lo que provoca la precipitación de casi todas las caseínas, las que posteriormente se van a transformar en queso afirman Kirk et al.

### 1.3.3 Composición del suero de leche

La composición del lactosuero depende principalmente del proceso de fabricación del queso del que procede, pero en gran medida depende también del tipo de coagulación por el que se ha obtenido. Si procede de coagulación enzimática se caracteriza por un contenido más alto de materia seca debido a que contiene más lípidos y lactosa.

Si procede de coagulación ácida, éste tiene un pH más bajo (4.6 - 4.8) y un menor contenido de lactosa, debido a que las bacterias lácticas reducen el pH, mediante la transformación de la lactosa en ácido láctico.

También se observa que el lactosuero procedente de coagulación ácida contiene una mayor concentración de minerales que el lacto suero de coagulación enzimática.

Por último, si procede de coagulación mixta (parcialmente láctica y enzimática), la composición del lacto suero dependerá de la fase predominante durante el proceso. Todos estos aspectos se ven reflejados en la tabla a continuación: 1.2 y 1.3, de Kirk et al (1999)

**Tabla 1.2 Composición del lactosuero obtenido en la fabricación del queso según el tipo de proceso utilizado.**

Componente	Proceso Enzimático g/L	Proceso Láctico g/L	Proceso Mixto g/L
Materia Seca	71.34	65.76	70.49
Lactosa	51.78	45.25	50.84
Proteínas	9.21	7.8	8.95
Lípidos	5.06	0.85	3.38
Minerales	5.25	7.33	5.89
pH	6.4	4.6	4.7

Los productos que se pueden obtener del procesamiento del lactosuero son muy diversos. La tabla a continuación muestra los más importantes:

**Tabla 1.3 Productos Obtenidos del procesamiento de el lactosuero**

Procesado	Producto Obtenido
Esterilización o Pasteurización	Complementos alimentarios para alimentación mineral (ricos en proteínas y vitaminas)
Concentración y secado del Lacto suero	Sustituto de leche descremada.
Extracción de proteínas por ultrafiltración	Proteínas con excelentes cualidades de absorción de agua, muy útiles en pastelería, panadería, industria cárnica y de bebidas.
Extracción de la grasa por centrifugación.	Nata procedente de la grasa que ha quedado en el lacto suero.
Extracción de los finos de caseína por centrifugación.	Caseína que se había perdido durante la elaboración del queso o la extracción de la caseína con el lacto suero.

### 1.3.4 Proteínas de la Leche

#### Generalidades

Definición de Proteína: Son los compuestos orgánicos constituidos por aminoácidos unidos por enlaces peptídicos, que intervienen en diversas funciones vitales esenciales, como el metabolismo, la contracción muscular o la respuesta inmunológica. El término proteína deriva del griego proteios, que significa primero. (Alais, 1985)

Las sustancias nitrogenadas halladas en la leche son muy numerosas y variadas y se pueden clasificar en cinco grupos según su comportamiento frente a diferentes agentes precipitantes: caseína, globulina, albúmina, proteosa peptona y sustancias nitrogenadas no proteicas.

Se pueden distinguir en la leche tres grandes grupos de proteínas:

1. La caseína entera: Es un complejo de proteínas fosforadas y constituye la parte nitrogenada más característica de la leche; no existe ninguna sustancia parecida, ni en la sangre ni en los tejidos de los mamíferos. La caseína precipita sólo cuando se acidifica la leche a pH. 4.6. Por ello se le ha llamado proteína insoluble de la leche. Es la fracción nitrogenada más abundante de la leche, sobre todo en la de los rumiantes, donde constituye cerca del 80 % del total nitrogenado.

2. Las proteínas de lactosuero o proteínas solubles: Las más abundantes tienen las propiedades de las albúminas y de las globulinas. Se insolubilizan por efectos del calor antes de los 100 °C.

3. Las proteosomas peptonas: Son sustancias glicoproteicas, con un volumen molecular intermedio entre las proteínas y los péptidos.

**Tabla 1.4 Distribución de las principales sustancias nitrogenadas de la leche de vaca.**

PROTEÍNAS TOTALES	gramos/litro
Prótidos Totales	32
1. Proteínas;	
A) Caseína Isoeléctrica	25
1) Caseína alfa S1	9.0
2) Caseína alfa S2	2.5
3) Caseína Beta	8.5
4) Caseína Kappa	3.2
5) Caseínas gama 1,2 y 3	1.75
B) Proteínas del Suero	5.4
B.1) Albúminas	
a) Beta Lactoglobulina	2.7
b) alfa Lactoalbumina	1.2
c) Seroalbumina	0.25
B.2) Globulinas Inmunes	0.65
B.3) Proteosomas Peptonas	0.60
Sustancias Nitrogenadas no Proteicas	1.6

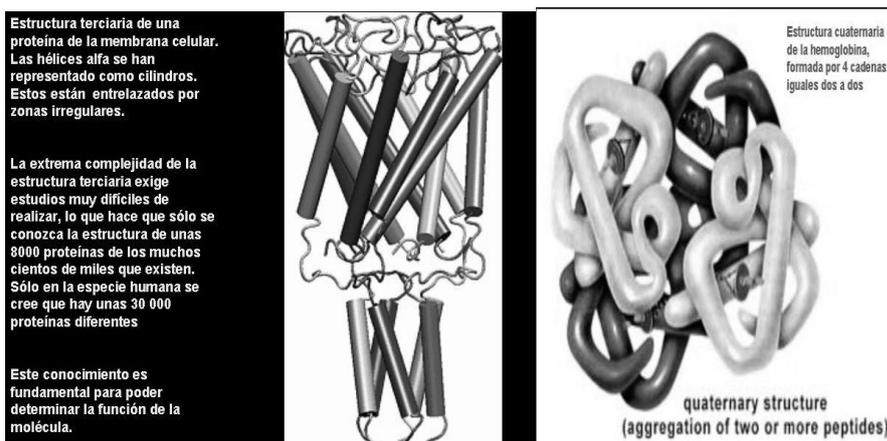
*Fuente: Alais (1985)*

### 1.3.5 Estructuras de las Proteínas de la Leche (Desnaturalización)

#### 1.3.5.1 Estructura Primaria

El enlace peptídico (enlace de covalencia) confiere una gran solidez a la estructura primaria. Las cadenas no son lineales; y se debería de representar por una línea quebrada con ángulos de 110° a 120°; sin embargo, la cadena es flexible, ya que existe la posibilidad de libre rotación a nivel de los grupos CH.

## Esquema 1.1 Estructuras de las proteínas



Fuente ([http://web.educastur.princast.es/proyectos/biogeo\\_ov/2BCH/B1\\_BIOQUIMICA/t15\\_PROTEINAS/diapositivas/Diapositiva58.JPG](http://web.educastur.princast.es/proyectos/biogeo_ov/2BCH/B1_BIOQUIMICA/t15_PROTEINAS/diapositivas/Diapositiva58.JPG))

### 1.3.5.2 Estructura Secundaria

Las moléculas protéicas tienen una conformación espacial determinada que no se debe al azar, sino resulta de las diferentes fuerzas de enlace entre las diversas partes de la cadena peptídica. Las proteínas del suero tienen una estructura bastante ordenada, con partes alfa y partes beta.

### 1.3.5.3 Estructura Terciaria y Cuaternaria

Una proteína puede estar formada por una cadena única replegada sobre sí misma o por varias cadenas. La rigidez está asegurada por puentes disulfuro.

Las proteínas del suero tienen una estructura compacta como un ovillo de cuerda apretado, los iones y las enzimas se introducen difícilmente en la estructura nativa.

### 1.3.6 Estado nativo y desnaturalización

En la leche las proteínas tienen una estructura definida, que puede modificarse bajo la acción de diversos tratamientos aplicados en el laboratorio o en la industria especialmente el calentamiento a más de 70°C, o por reactivos desnaturalizantes variados (ácidos, álcalis, urea, detergentes, etc.). La desnaturalización es una modificación sin ruptura de los enlaces covalentes y sin separación de fragmentos. Esta consiste en una ruptura de enlaces que aseguran las estructuras secundarias y terciarias, seguidas de un reagrupamiento que conduce a una nueva conformación. Las proteínas del lactosuero se desnaturalizan fácilmente por el calor y se vuelven más o menos insolubles. Sin embargo, son más fácilmente digeridas por las proteasas. Las enzimas pierden su actividad tras la desnaturalización. Disminución de la solubilidad y pérdida de la actividad son las consecuencias de una modificación estructural profunda de la molécula, que en general es irreversible y corresponde al paso de un estado de orden superior a un estado de orden

inferior. Aparentemente este fenómeno no concierne a las caseínas. Alais, (1985).

### **1.3.7 Propiedades iónicas y físicas de las proteínas de la leche**

Según Alais (1985) las propiedades son:

#### **1.3.7.1 Disociación, punto isoeléctrico**

Las proteínas son electrolitos anfóteros, lo mismo que los aminoácidos que las componen y pueden existir tres especies ionizadas con este tipo de dipolo.

#### **1.3.7.2 Solubilidad y estabilidad de las soluciones**

Todas las proteínas contienen grupos polares que poseen una gran atracción por las moléculas de agua, pero no todas son igualmente solubles en este líquido. Es importante la proporción relativa de los grupos polares y de los grupos no polares que intervienen en la solubilidad de las proteínas, junto con la fuerza de los enlaces intramoleculares y las posibilidades de enlace con los cationes y los aniones. A este respecto existen grandes diferencias en los componentes de la leche. La afinidad de las proteínas por el agua depende mucho de las condiciones fisicoquímicas.

El pH tiene una gran influencia en la química de este sistema. En el punto isoeléctrico cesa la repulsión de las moléculas con tendencia a agregarse y a flocular.

#### **1.3.7.3. Densidad**

La densidad de las proteínas de la leche es cercana a 1.3 g/mL. Debido a la carga de las moléculas, hay una contracción de volumen en el curso de la disolución, que varía del 5 al 8 %. Para la caseína, el volumen específico cambia de 0.774 a 0.731. Para la  $\beta$ -lactoglobulina, el volumen específico cambia de 0.802 a 0.751 y la densidad de 1.247 g/mL a 1.331 g/mL. El volumen específico de una proteína se encuentra en relación con su contenido de aminoácidos.

#### **1.3.7.4 Índice de refracción**

El índice de refracción de una proteína pura se deduce de las determinaciones del índice de sus soluciones, pero puede también calcularse según su composición en aminoácidos ya que es un valor característico. Las diferentes proteínas de la leche no tienen el mismo índice de refracción (es tanto más elevado cuanto más bajo es el volumen específico), pero las desviaciones son limitadas.

En solución, el índice varía proporcionalmente a la concentración, pero el incremento difiere muy poco de una proteína a otra. Se trata de un valor interesante en la práctica, ya que permite determinar la concentración de una solución de proteínas mediante la medición de la refracción.

#### 1.3.7.5 Propiedades espectrofotométricas

Las proteínas de la leche no muestran bandas de absorción en el espectro visible ya que son incoloras, salvo un componente menor, la lactoferrina. Por el contrario, originan bandas en los espectros ultravioleta e infrarrojo.

### 1.3.8 Reacciones de las proteínas de la leche

Para Alais son las siguientes:

#### 1.3.8.1 Reacciones con las bases

Se forman los proteínatos, que se han comparado con las sales, pero se encuentran poco disociados. Se trata más bien de complejos tipo quelatos. Las proteínas incrementan la solubilización de los metales pesados por secuestro del ion metálico que se encuentra en solución.

#### 1.3.8.2 Reacción con los ácidos y colorantes

Se conocen muy poco las propiedades de las sales así formadas, en las cuales la proteína constituirá el catión. La caseína insoluble en el punto isoeléctrico se disuelve tanto en los ácidos como en las bases. Pero es preciso observar que ciertos ácidos poseen propiedades desnaturizantes especiales, y por ello precipitan a las proteínas. Una reacción interesante es la de los colorantes ácidos. A un valor de pH suficientemente bajo para que las proteínas se encuentren en estado de catión, estos colorantes se combinan con ellas y en el caso de la leche, las precipitan.

#### 1.3.8.3 Hidrólisis Química

Es una degradación consecutiva de la ruptura de enlaces peptídicos. Existe una destrucción de la estructura primaria con liberación de fragmentos moleculares más o menos grandes. Algunos agentes desnaturizantes pueden provocar la hidrólisis si se les hace actuar de una manera intensa o más prolongada. Es el caso del calentamiento a más de 100° C de los ácidos fuertes y bases. La hidrólisis total por ácido clorhídrico 6 N a 110 °C se utiliza en el laboratorio para la determinación de los aminoácidos que de esta forma son completamente separados uno de otro.

La industria prepara hidrolizados por vía ácida, que se utilizan para preparar sopas, caldos y productos dietéticos.

#### 1.3.8.4 Proteólisis

Las proteasas catalizan la hidrólisis enzimática, especialmente las del sistema digestivo, pepsina, tripsina y quimiotripsina. Cada una de ellas tiene preferencias por la ruptura de determinado enlace peptídico con la fijación de una molécula de agua. El cuajo es una proteasa de alta especificidad.

### 1.3.9 Las proteínas del lactosuero

Constituyen la parte más valiosa en la industria del lactosuero. Para numerosas utilidades se prefiere emplear proteínas antes que lactosuero bruto. En el campo dietético y terapéutico es indispensable disponer de concentrados o aislados proteicos. .

#### 1.3.9.1 Métodos de Separación

Alais separa los métodos de la siguiente manera:

##### 1.3.9.1.1 Termocoagulación

Según la tradición, nada es más simple ni menos costoso que precipitar las proteínas del suero mediante calentamiento en medio ácido. De esta forma se elabora desde hace siglos el seré y otros tipos de quesos de suero y de igual manera se prepara el requesón. El procedimiento, simple y barato, necesariamente debe de tener algún inconveniente. En efecto, el calentamiento desnatura las proteínas. En las condiciones corrientes (95 °C 5 a 10 minutos y pH 5), la desnaturación no modifica el valor nutritivo, pero reduce fuertemente la solubilidad, y este tipo de proteínas tiene una textura arenosa, por lo que la pérdida de propiedades funcionales limita su utilización

##### 1.3.9.1.2. Precipitación no térmica.

Las proteínas del suero pueden precipitarse en frío mediante complejón con diferentes agentes, y en particular con los polielectrolitos catiónicos y aniónicos. De esta forma, las proteínas separadas están poco desnaturadas conservando su solubilidad y sus propiedades funcionales.

El enlace se realiza mediante interacciones electrostáticas y el conjunto floclula a un determinado valor de pH. El agente precipitante puede eliminarse mediante una operación secundaria.

La carboximetil celulosa (CMC), más o menos sustituida es el agente de floclulación más utilizado, al igual que otros derivados de la misma naturaleza (acetil CMC). La floclulación ocurre en medio ácido, a un pH de 3.0. En el precipitado, la relación CMC/proteína es alrededor de 1 a 3. Con una CMC que posea alto grado de sustitución se puede recuperar del 90 al 93% de las proteínas del suero. Es el más alto rendimiento de recuperación que se puede obtener con el suero dulce.

##### 1.3.9.1.3 Los procedimientos modernos

Los procedimientos que no utilizan calor separan las proteínas casi intactas, pero evidentemente son mucho más costosos en inversión y gastos de fabricación, y como consecuencia, el producto final debe alcanzar precios más elevados. La ultrafiltración es el procedimiento más empleado y casi el 7% de la producción del suero mundial se somete a este tratamiento.

Hay algunos equipos que permiten obtener un retenido que contiene hasta el 80% de proteínas en el extracto seco, tratando el lactosuero a una temperatura de 50°C. Con estos procedimientos se podría acercarse a la pureza total rediluyendo el retenido y prolongando la ultrafiltración, pero esto daría como resultado un precio de venta más elevado. El permeado de la etapa de la ultrafiltración, que es un lactosuero empobrecido en proteínas, se pasa por una membrana de menor porosidad forzándolo a una presión mucho más elevada (40 a 60 bar), para realizar una osmosis inversa. A este nivel es difícil separar el agua, las sales y la lactosa, pero es posible obtener por una parte, un concentrado de lactosa del 85 al 90 % en el extracto seco, y por otra, agua residual de bajo DBO, conteniendo sustancias de moléculas pequeñas según la porosidad elegida.

La filtración sobre gel o tamizado molecular es un verdadero método de fraccionamiento, que permite en principio, la separación de las sales, la lactosa y las proteínas. Se han diseñado y construido equipos industriales, por ejemplo el "Sephmatic", que utilizan un gel de povidexano (Cunnigham, 2000).

La cromatografía de intercambio de iones ha sido puesta a punto para la producción industrial de concentrados (90 % y más) conteniendo solamente residuos de lactosa y pocas sales (2 al 4%).

El procedimiento francés "Spherosil" utiliza esferas de sílice porosa sobre las cuales se han fijado los grupos intercambiadores. Económicamente es un procedimiento favorable. Con él, será posible obtener fracciones enriquecidas en tal o cual componente de las proteínas séricas. La operación se realiza en columna de forma continua. Se utilizan intercambiadores diferentes, según se trate de lactosueros ácidos (pH 4.6) o dulces (pH 6.6).

#### 1.3.9.2 Tipos de proteínas en el lactosuero

##### a) Beta-Lactoglobulina ( $\beta$ -Lg)

Es la proteína predominante en el lactosuero de leche de vaca, pero no existe en la leche de la mujer. Es la primera proteína donde se ha descubierto el polimorfismo genético, de las cuatro variantes genéticas conocidas, sólo la  $\alpha$  y la  $\beta$  se encuentran en la leche de los bóvidos. La presencia de cada una de estas formas se determina por las leyes genéticas de Mendel. Se sabe que la estructura primaria de esta proteína es una cadena de 162 aminoácidos y que en su estructura espacial existen dos puentes disulfuro y un grupo SH libre.

También se sabe que a la temperatura normal la  $\beta$ -lactoglobulina no se asocia a nada pero que al calentarla se asocia con la  $\kappa$ -caseína por un puente disulfuro. (Ch. Alais, 1985)

##### b) $\alpha$ -lactoalbúmina ( $\alpha$ -La)

Esta proteína no parece ser universal en todas las leches. Es característica de las leches de las especies de artiodáctilos. En la leche humana es la que

predomina en la fracción soluble. En su estructura destaca la presencia de cuatro puentes disulfuro, al no tener ningún grupo SH libre no debería unirse a otras proteínas, pero algunos autores dicen que puede formar complejos con la  $\kappa$ -caseína. Esta proteína tiene un gran interés debido a que es el factor de regulación de un sistema enzimático original: la proteína  $\alpha$ , que es en sí misma una enzima que transfiere la galactosa sobre la glucosamina (para formar lactosamina u otros derivados). La proteína  $\beta$  es idéntica a la  $\alpha$ -La y se enlaza con la proteína  $\alpha$  por simple adsorción teniendo el papel de modificar la especificidad. Las dos proteínas unidas transfieren la galactosa sobre la glucosa, asegurando así la síntesis de lactosa.

#### c) Seroalbumina bovina (BSA)

Es la proteína más abundante del plasma sanguíneo aunque mucho menos en el lactosuero. Es idéntica a la albúmina sérica. Constituida por una cadena de 580 residuos con 17 puentes disulfuro intramoleculares, lo cual da un total de 35 cisteínas con un grupo SH libre.

La BSA es la transportadora de numerosos compuestos en el organismo: metales divalentes, ácido úrico, acetilcolina, colores, medicinas.

#### d) Inmunoglobulinas (Ig)

Están presentes en todas las leches. Son las mayores moléculas que existen en la leche y son las menos cargadas y las más lentas electroforéticamente. Son las primeras en desnaturalizarse al calentar la leche. En la leche de vaca constituyen sólo la décima parte de las proteínas solubles (0.5 a 0.7 g/L) pero su porción se incrementa considerablemente en el calostro (12 g/L al final del primer día y 80 g/L en la primera hora). Este aumento es el resultado del paso de las Ig de la sangre, sin embargo, no todas las Ig.

En la leche de los rumiantes la Ig G es la que predomina fuertemente, al igual que la sangre, tiene una masa molecular de 160,000. Es una molécula básica, lenta en electroforesis, contiene pocos carbohidratos y su función normal es la de anticuerpo. En el resto de los animales, es la Ig A la que predomina. Su masa molecular es de 320,000 D, y contiene un 8 % de carbohidratos. Las inmunoglobulinas son importantes porque aseguran la transmisión de la inmunidad de la madre al joven animal.

#### e) Proteosas-Peptonas

Constituyen la segunda menor fracción del suero (0.6 g/L) después de la BSA. Se incluyen en el grupo de las proteínas porque precipitan con ácido tricloroacético al 12% y no dializan, pero no precipitan por calentamiento a 95 – 100 °C. Tienen una composición variada. Algunas contienen glúcidos en proporciones notables y fósforo. Se trata de una fracción compleja y los exámenes electroforéticos ponen de relieve bandas numerosas, pero son cuatro los componentes que dominan y forman un grupo heterogéneo.

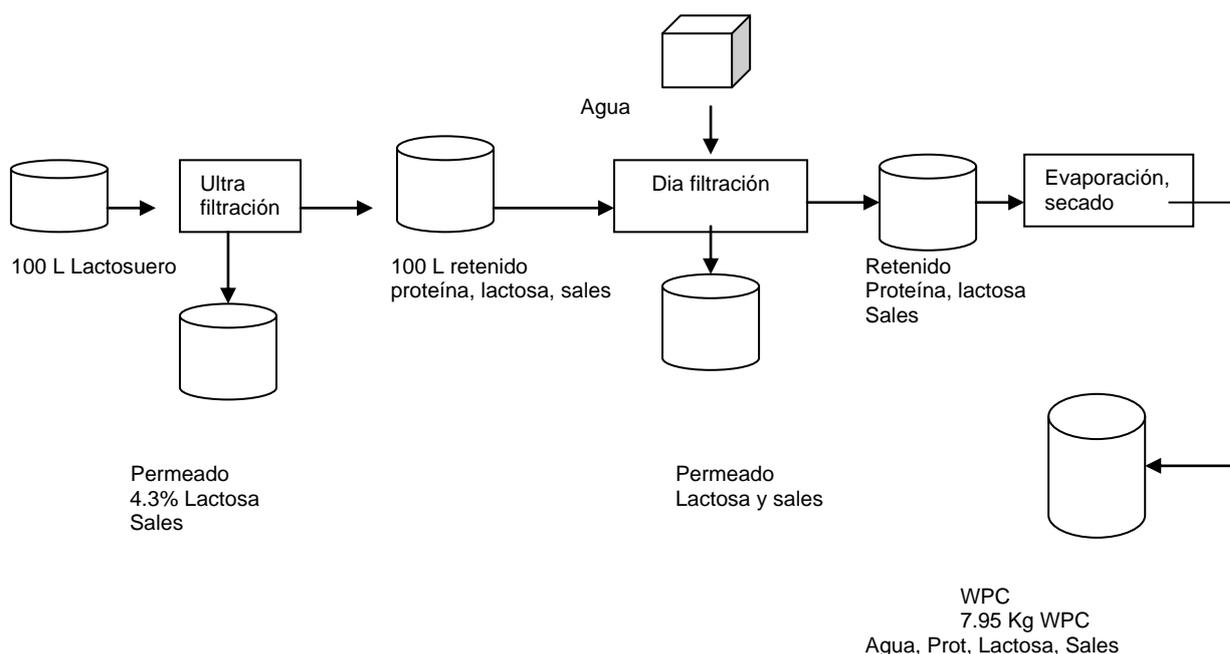
#### f) Metaloproteínas

Lactoferrina: Es distinta a la transferrina sanguínea y probablemente es idéntica a la proteína roja que precipita con la caseína a pH 4.5. Su peso molecular es de 88,000 D y fija dos átomos de hierro por cada molécula. Tiene una alta solubilidad y una mayor afinidad por ión férrico que la transferrina sanguínea. Interviene en la introducción del hierro en la leche a partir de sangre.

### 1.3.10 Procesamiento Industrial del lactosuero

Tradicionalmente, los métodos para el aprovechamiento del lactosuero han tenido especial énfasis en la recuperación y fraccionamiento de las proteínas mediante procesos de membranas, lo que significa la recuperación de un 15 a un 22% de las proteínas totales de la leche. Industrialmente se procede a la concentración del suero por ultrafiltración (UF), con lo que se obtiene un permeado libre de proteínas. El concentrado recuperado por ultrafiltración del suero lácteo (WPC) contiene  $\beta$ -Lactoglobulina (55 – 60%),  $\alpha$ -lactoalbúmina, (15 - 25%) y seroproteínas (10%). Este producto tiene un alto valor debido a sus excelentes propiedades funcionales y nutricionales, y tiene ya un mercado definido.

**Esquema 1.2 Flujo del proceso de producción de concentrado proteico de lactosuero WPC.**



Fuente: Alais (1985)

#### 1.3.10.1 Propiedades aprovechables para la separación

Es de destacar el gran interés del suero lácteo desde el punto de vista nutricional debido a su elevado contenido de proteínas. Sus principales fracciones proteicas son la  $\beta$ -lactoglobulina y la  $\alpha$ -lactoalbumina y, por otra parte, la seroalbumina (BSA) y las inmunoglobulinas. Las proteínas del suero lácteo tienen un alto valor nutricional debido a la presencia de aminoácidos

azufrados y de lisina. En la tabla a continuación se citan las principales propiedades de las distintas fracciones proteicas del suero:

**Tabla 1.5 Propiedades principales de las proteínas del lactosuero**

PROTEÍNA	% SUERO TOTAL	CONCENTRACIÓN (g/L)	PL	PM(DALTON)	GRUPOS FUNCIONALES	OTROS
$\beta$ -Lg	50	3.0	5.23	18,362	5 grupos SH	Forma Dímeros
$\alpha$ -La	12	0.7	4.7	14,146	8 grupos SH	Glicosilación
Ig	10	0.6	5.6			Une calcio
IgG				160,000		Anticuerpos
IgA				320,000		Especificidad
IgM				960,000		Isoaglutinina
BSA	5	0.3	4.5	69,000	17 puentes S-S	
PP	10	0.6	3.5	40,800		Son inhibidas por lipólisis
Transferina	2	0.1		88,000	Une 2 Fe por molécula	
(1) Grupo SH = Sulfidrilo						
(2) S-S Puente Disulfuro						

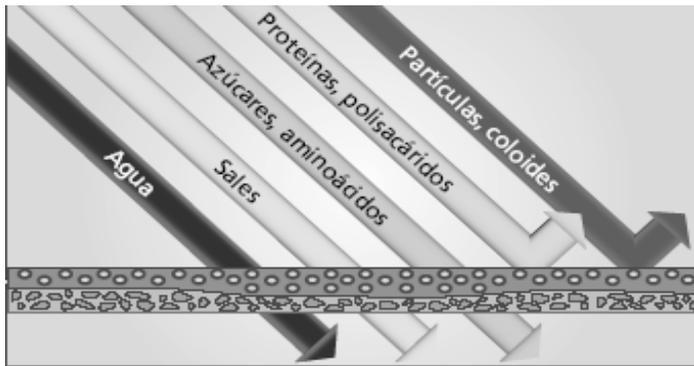
Fuente: Alais (1985)

### 1.3.10.2 Ultrafiltración

La ultrafiltración es un proceso a través de una membrana, que es muy similar a la ósmosis inversa. Se trata de un proceso impulsado por la presión, en el cual el disolvente y las pequeñas moléculas de soluto, si las hay, pasan a través de la membrana y se recogen como una solución permeada. Las moléculas de soluto más grandes no pasan a través de la membrana y se recuperan en una solución concentrada. Los solutos o moléculas que se van a separar generalmente tienen un peso molecular que va desde más de 500 hasta 1,000,000 o más, como en el caso de macromoléculas de proteínas, polímeros y almidones, así como dispersiones coloidales de arcillas, partículas de latex y microorganismos.

A diferencia de la ósmosis inversa, las membranas de ultrafiltración son demasiado porosas como para usarse para desalinización. La ultrafiltración se usa además para separar mezclas de proteínas de diferentes pesos moleculares. El límite de peso molecular de la membrana se define como el peso molecular de las proteínas globulares que son retenidas en un 90 % por la membrana.

### Esquema 1.3 Proceso de Ultrafiltración por membranas



**Fuente:**

GEA Filtration • Niro Inc. •  
E-MAIL [info@geafiltration.com](mailto:info@geafiltration.com)

La ultrafiltración se utiliza en muchos procesos en la actualidad. Algunos de ellos son: separación de emulsiones de agua en aceite, concentración de partículas de latex, procesamiento de sangre y plasma, fraccionamiento o separación de proteínas, recuperación de las proteínas del suero, elaboración del queso, eliminación de bacterias y otras partículas para esterilizar vino y la clarificación de los jugos de fruta.

Las membranas para la ultrafiltración suelen ser parecidas a la de la osmosis inversa y normalmente son asimétricas y más porosas. La membrana consta de una película densa muy delgada sostenida por una capa relativamente porosa para darle resistencia. Las membranas se fabrican a partir de poliamidas aromáticas, acetato de celulosa, nitrato de celulosa, policarbonato, poliamidas, polisulfonas, etc.

La utilización de las membranas de ultrafiltración para la separación de sustancias macromoleculares ha dado lugar a numerosos trabajos, por lo que al momento actual es un procedimiento bastante conocido.

La optimización de la ultrafiltración debe de tener en cuenta dos categorías de factores:

- a) Factores inherentes al producto tratado: leche, lactosuero, etc. teniendo en cuenta los pretratamientos que modifican o eliminan compuestos que pueden saturar las membranas. Cualquier pretratamiento que previene la insolubilización de las sales fosfocálcicas mejora el principio de permeabilidad. Es el caso especial de la adición de un agente secuestrante del calcio (hexametáfosfato, citrato sódico 0.2%).
- b) Factores inherentes a la técnica: parámetros hidrodinámicos (presión, temperatura, velocidad de lavado) y reactividad electroquímica de la membrana (Mc Cabe, Smith y Harriot 1999).

### 1.3.10.3 Funcionamiento

La mayor parte de los sistemas funcionan a régimen de turbulencia con una velocidad de circulación del orden de 4.5 m/s. La pérdida de carga, para una velocidad de circulación dada, varía con la viscosidad del líquido. Esta aumenta casi exponencialmente con la concentración en proteínas. A temperatura media (20 a 40°C) el aumento es poco importante con una concentración del 3 % y lo es a mucha más baja temperatura. Para un 6%, el producto se vuelve muy viscoso.

Desde el punto de vista práctico, la temperatura generalmente utilizada es de 20 a 30 °C ya que es un compromiso entre la difusión máxima de permeado a través de la membrana y la viscosidad mínima del retenido por una parte, y por otra, la limitación del desarrollo bacteriano y la desnaturalización protéica.

La operación de la ultrafiltración se presta perfectamente para un trabajo automatizado en continuo. La constancia del contenido en extracto seco o en proteínas se asegura mediante la regulación debimétrica o refractométrica (Mc Cabe, Smith y Harriot, 1999).

### 1.3.11 Procesos de separación por centrifugación

El uso de centrífugas aumenta en alto grado las fuerzas que actúan sobre las partículas. Por tanto, las partículas que no se precipitan o lo hacen con mucha lentitud por gravedad, casi siempre se pueden separar de los fluidos por medio de fuerzas centrífugas. Estas fuerzas de precipitación de gran magnitud permiten obtener velocidades prácticas con partículas mucho más pequeñas que en los precipitados por gravedad. Las elevadas fuerzas centrífugas no modifican las velocidades relativas de precipitación de las partículas pequeñas, pero sí contrarrestan los efectos perturbadores del movimiento browniano y de las corrientes de convección libre.

Algunas veces, la separación por gravedad es demasiado lenta debido a la similitud de densidades de la partícula y el fluido, o las fuerzas de asociación que mantienen unidos a los componentes, como en el caso de las emulsiones. Un ejemplo en la industria lechera es la separación de la crema de la leche, para obtener leche descremada. La separación por gravedad requiere de muchas horas, mientras que con la separación por centrifugación en un separador de crema, se logran los mismos resultados en pocos minutos.

Los separadores centrífugos se basan en el principio común de que la rotación de un objeto en torno a un eje o punto central, a una distancia radial constante desde dicho punto, produce una fuerza que actúa sobre dicho objeto. El objeto que gira en torno al eje cambia de dirección constantemente, con lo cual se produce una aceleración aún cuando la velocidad rotacional sea constante. Esta fuerza centrípeta está dirigida hacia el centro de rotación. Si el objeto que hace girar es un recipiente cilíndrico, el contenido de fluidos y sólidos desarrolla una fuerza igual y opuesta, llamada fuerza centrífuga, hacia las paredes del recipiente. Ésta causa la sedimentación o precipitación de las partículas a través de una capa de líquido, o la filtración de un líquido a través de un lecho o

torta de filtrado en el interior de una cámara de rotación perforada. (Geankolpolis, 1998)

### **1.3.12 Pasteurización**

La pasteurización es una operación de estabilización de alimentos que persigue la reducción de la población de microorganismos presentes en estos de forma que se prolongue el tiempo de vida útil del alimento.

Si se reduce la población de microorganismos al principio del almacenamiento, la vida útil del alimento se alarga cuando el parámetro de calidad dominante es la presencia de microorganismos, ya sean patógenos o sólo alterantes, porque se tarda más tiempo en alcanzar una concentración intolerable de microorganismos.

La pasteurización consigue disminuir la población de microorganismos mediante la elevación de la temperatura durante un tiempo determinado, lo que implica la aplicación de calor.

La pasteurización es un tratamiento térmico suave, en contraposición con la esterilización, que es un tratamiento muy intenso. La pasteurización emplea temperaturas y tiempos de contacto relativamente bajos, consiguiendo una prolongación moderada de la vida útil a cambio de una buena conservación del valor nutritivo y de las cualidades organolépticas del alimento. Sin embargo, pese a ser un tratamiento suave, la pasteurización consigue la eliminación de los microorganismos patógenos, aunque sólo consigue una reducción de los microorganismos alterantes. La pasteurización tiene diferentes objetivos según el tipo de alimento al que se aplique, en el caso de la leche, los patógenos más importantes que pueden estar presentes son el bacilo de Koch (tuberculosis), *Salmonella typhi* y *paratyphi* (tifus), *Brucilla melitensis* (fiebre de Malta), y *Streptococcus* y *Staphylococcus* (de la mamitis). La mayor parte de estos gérmenes no producen alteraciones en la leche, por lo que su presencia puede pasar desapercibida. Sin embargo, todos estos patógenos son destruidos por un tratamiento térmico ligero que deja un producto más higiénico y que se estropeará por la acción de la flora banal (lactobacilos) mucho antes de resultar peligroso a la salud humana.

De los patógenos mencionados, el más resistente es el de la tuberculosis, por lo que el tratamiento se diseña para destruir este microorganismo ya que si es destruido, se asegura también la destrucción de los demás, puesto que son más débiles.

#### **1.3.12.1 Influencia del pH y actividad del agua en los tratamientos térmicos**

En general, se puede decir que para la pasteurización conviene trabajar a altas temperaturas y pH bajos. Por debajo de 4,5 las bacterias no crecen, lo que posibilita que los tratamientos térmicos puedan ser más suaves, aunque no hay que olvidar que a veces la pasteurización también lleva a cabo la desnaturalización de las enzimas (como el escaldado) como efecto secundario.

Si este es el caso, hay que tener cuidado a la hora de suavizar el tratamiento térmico. Intervalos de pH para el crecimiento de distintos microorganismos

Con respecto a la actividad del agua (concentración de agua), una disminución de ésta aumenta la resistencia térmica de los microorganismos por lo que el tratamiento térmico después del secado es menos eficaz que realizado previamente. Los resultados experimentales demuestran que si es necesario esterilizar un alimento deshidratado para destruir sus virus o es necesario humedecerlo antes.

### 1.3.12.2

Equipos utilizados en la pasteurización de alimentos

Existen dos modalidades de pasteurización

LTH (low temperature holding), se trabaja a temperaturas bajas (62-68°C) y tiempos largos (30 min). Este tipo de pasteurización es llevada a cabo en los alimentos envasados (cervezas y sumos de frutas), y en sencillos baños marías.

HTST (high temperatura, short time), se trabaja a temperaturas altas (72-85°C) y tiempos cortos (entre 15 y 20 s). Este tipo de pasteurización es llevada a cabo en los alimentos líquidos a granel, como leche, productos lácteos y jugos de frutas. El instrumento utilizado son los intercambiadores de calor de placas, los cuales constan de 3 partes: recuperación del calor, calentamiento y enfriamiento. En la zona de recuperación del calor es el alimento pasteurizado el que cede el calor al alimento a tratar para preenfriarse mientras que el alimento a tratar se precalienta antes de su esterilización.

La pasteurización alta temperatura es por general más conveniente, ya que es más rápida, los dispositivos son más pequeños y el consumo energético se reduce. El principal inconveniente es que se requiere de un control más intenso y las instalaciones son más complicadas y caras.

Los sistemas HTST requieren de dispositivos capaces de calentar muy rápidamente, como los cambiadores de placa o de superficie rascada, o los de tres tubos concéntricos, modificación del conocido sistema. (Fellows,1994)

El término pasteurización se usa actualmente para referirse a un tratamiento de calor suave de los alimentos menos drástico que la esterilización. Se emplea para matar organismos que presentan relativamente menor resistencia térmica comparada con aquellos para los cuales se utilizan los procesos de esterilización más drásticos. Por lo general la pasteurización se utiliza para destruir microorganismos vegetativos y no esporas termoresistentes. (Geankopolis,1998)

### **1.3.13 Secadores por aspersión**

En un secador por aspersión o “de spray”, los líquidos alimentados son transformados en un polvo seco. Estos secadores son utilizados para secar alimentos sensibles al calor, porque las partículas no son sometidas jamás a temperaturas arriba de la temperatura de bulbo húmedo del aire de secado, y además su tiempo de residencia es corto, usualmente entre 3 y 30 segundos. El flujo de aire puede ser concurrente o en contracorriente. El polvo deshidratado se recoge en el fondo del deshidratador, desde donde un tornillo sin fin o un sistema neumático lo transportan a un ciclón separador. La operación de secado de un secador de spray se divide dentro de 3 distintos procesos: atomización, secado por contacto entre las gotas del alimento líquido y el aire caliente, y la recolección del producto, separando éste del aire de secado.

En estos secadores, el producto, anteriormente concentrado, es atomizado en forma de pequeñas gotas en una masa de aire caliente en movimiento (150-300 °C), en el interior de una cámara de deshidratación. Se controla el flujo de producto a la entrada para que la temperatura de aire a la salida sea de 90 a 100 °C, esta temperatura corresponde a una temperatura de bulbo húmedo, y la temperatura del producto será entre 70 a 88 °C. Es necesario que la atomización sea completa y uniforme, para el correcto funcionamiento del proceso. Si las condiciones de operación son correctas, y el equipo está bien diseñado, el tiempo de residencia de las partículas en la cámara de secado se pueden controlar, de forma que sea mínimo el contacto entre las partículas ya secas y el aire caliente, para no sobrecalentar el producto. (Perry, Green y Maloney, 1998)

### **1.3.14 Evaporador**

La evaporación consiste en la adición de calor a una solución para evaporar el disolvente que, por lo general es agua. Usualmente, el calor es suministrado por condensación de vapor (como vapor de agua) en contacto con una superficie metálica, con el líquido del otro lado de dicha superficie. El tipo de equipo usado depende tanto de la configuración de la superficie para la transferencia de calor como de los medios utilizados para lograr la circulación del líquido. (Geankopolis, 1998)

La transferencia de calor es el factor simple más importante en el diseño de evaporadores, puesto que la superficie de calentamiento representa la mayor parte del costo del evaporador. El desempeño de un evaporador se clasifica sobre la base de la economía del vapor-kg de disolvente evaporado por kg de vapor empleado. Se necesita calor para elevar el material alimentado desde su temperatura inicial hasta la de ebullición además para proporcionar la energía termodinámica mínima para separar el disolvente líquido del material y, por último, para vaporizar el disolvente. (Perry et al, 1998)

Se utilizan evaporadores de simple efecto donde la capacidad requerida sea pequeña, el vapor sea barato, el material sea tan corrosivo que se requieran de materiales de construcción muy costosos o donde el vapor esté tan contaminado que no se pueda volver a utilizar. Los evaporadores de simple

efecto pueden funcionar en lotes, en semilotes, con lotes continuos o en forma continua. El método más habitual de funcionamiento es el de semilotes en donde el material de alimentación se agrega continuamente, para mantener un nivel constante, hasta que toda la carga alcance la densidad final, según Perry et al. Los evaporadores de efecto simple se utilizan con frecuencia cuando la capacidad necesaria de operación es relativamente pequeña o el costo del vapor es relativamente barato comparado con el costo del evaporador. Sin embargo, la operación de gran capacidad, al usar más de un efecto, reducirá de manera significativa los costos del vapor. (Geankopolis,1998)

### **1.3.15 Empaque**

El empaque, en general, y específicamente para alimentos provee varias funciones clave: Protección del producto (barrera contra la humedad, gases, protección contra sabor/olor o luz); conveniencia y portabilidad (gráficos, forma y diseño, para darle la imagen que se persigue). Como regla general, sólo existen dos razones por las cuales un productor de alimentos cambia su empaque: Para reducir costos o incrementar su mercado.

La reducción de costos es, ciertamente, un factor clave en los mercados de empaque para alimentos. Nuevos procesos de producción son: Reducción de calibre, simplificación de banda para estructuras flexibles; y nuevas ideas en los procesos de empaque (formado, llenado y/o sellado). La consolidación de todos los procesos en la cadena de producción también es un factor en la reducción de costos.

Existe un notable aumento en la demanda de empaques para vegetales y productos lácteos. Estos productos requieren películas que promuevan especial atención a la transferencia de gases. Son productos frescos que requieren respiración y producen CO<sub>2</sub> que debe ser expulsado del empaque. Estos son complejos procesos metabólicos, diferentes en cada artículo, requiriendo películas especialmente diseñadas.

Este concepto, inicialmente limitado a ensaladas frescas, se ha expandido también a vegetales listos para ser cocinados.

El reto más reciente ha sido extender la vida de productos vegetales y lácteos frescos manteniendo un ambiente delicado para su conservación, controlando respiración y expulsión de gases. Copolímeros de etileno y copolímeros de estireno en bloque han sido los materiales básicos usados para bolsas de productos frescos. El OPP está retomando interés como un material que da mayor vida al producto, requerimiento primordial en estos productos.

Estas imágenes producidas por holografías tienen extenso uso en novedades y chucherías. La holografía es generada por computadoras y usa una gran variedad de formatos de impresión. La holografía digital de matriz de punto es un área de interés actual, ya que permite un gran contraste. (Mc Cabe et al, 2002)

### **1.3.16 Selección de tuberías**

#### 1.3.16.0 Tubos

Para Mac Cabe et al son todos los otros productos tubulares no fabricados en tamaños estándar. Los tamaños son designados por el diámetro externo y cada tamaño es ofrecido en una variedad de diámetros internos.

Las tuberías de gran diámetro, 24 a 36", están fabricadas formando un anillo circular a partir de una placa de acero soldada por arco sumergido. Las tuberías de diámetro menor a 36" se fabrican a partir de una enrollada en espiral también soldada igual.

Las principales variables en la selección de tuberías son: la temperatura, la presión, la corrosión y el costo. La corrosión es un problema complejo, ya que varía con la temperatura y el grado de turbulencia. La capacidad de una tubería para resistir condiciones de presión y temperatura varían con el material y es marcada a altas temperaturas y está directamente relacionada con la fatiga admisible (coeficiente de trabajo). Una verdadera medida de la economía relativa de un material es su fatiga admisible a cada temperatura dividida por el costo relativo. Este índice indica la cantidad de fatiga admisible que se puede adquirir por unidad monetaria. Otros factores, como la resistencia a la corrosión y la disponibilidad determinan la adquisición de un material. La tubería se selecciona entre las que tengan el mayor coeficiente de fatiga admisible por unidad monetaria. Estas tabulaciones deben ser actualizadas periódicamente de acuerdo a las últimas variaciones de precios.

## **MARCO II**

### **Planteamiento del Problema**

La producción de concentrado proteico de suero de leche WPC se realiza en muchos países industrializados del mundo. Esto se debe a que ese concentrado es utilizado en la manufactura de muchos productos alimenticios.

El suero se compone, en su mayoría, por un porcentaje bastante alto de agua y procede de leche fluida, tanto entera como descremada. Debido a su naturaleza, el componente proteínico es muy importante.

En Guatemala existen alrededor de 50 plantas que procesan leche y derivados, las cuales producen queso en un promedio de 1,500,000 kg anuales, desaprovechando el suero. Éste se maneja como alimento para ganado porcino, reutilizándolo de una manera empírica para la producción de requesón y en el peor de los casos, se desecha directamente por desagües (el suero es un contaminante orgánico sin previo tratamiento).

En México y otras partes del mundo, el suero proveniente de la fabricación de quesos de leche es considerado como un subproducto con gran utilización, tanto nutritiva como industrialmente, en fabricación de helados, de pasteles, panadería, bebidas nutritivas, bebidas sustitutas de leche saborizadas, etc. Es una materia prima de bajo costo y de gran utilización para la industria alimenticia en general. El proceso de obtención de concentrados de suero de leche está relegado a países más industrializados ya que se requiere una tecnología más sofisticada, siendo el producto de un costo más elevado.

Actualmente, Guatemala está pasando por situaciones difíciles, entre las cuales se encuentra la preocupante economía y pobreza en muchos sectores de la sociedad, que se encuentran sin poder adquisitivo para la compra de muchos productos para su alimentación diaria. Estos productos deberían ser baratos y proveer una calidad nutritiva que ayude a conservar la salud de los más necesitados. Así también, una inflación muy acelerada del 8 al 10% anual hace que este mismo poder de los ciudadanos guatemaltecos se vea reducido y se necesiten de nuevas formas de formular productos con materias primas más baratas y que cumplan los requisitos de calidad y funcionalidad iniciales.

La importancia de este trabajo radica en el diseño de una línea de producción para el aprovechamiento del suero que se obtiene como subproducto en la fabricación de quesos, para obtener un concentrado proteínico de acuerdo a los requerimientos del mercado actual y su utilización en productos ya existentes o como un aditivo industrial en alimentos. Lo anterior vendría a producir beneficios a gran escala tanto a los propietarios de las plantas de procesamiento de quesos, así como a la futura planta de procesamiento, como a los trabajadores de las mismas, al ecosistema y a la población de bajos recursos.

La línea en mención estaría integrada en una planta de procesamiento de lácteos ya existente, con lo cual se aprovecharían los recursos y las instalaciones disponibles (servicios auxiliares, edificios, bodegas, etc.)

Para llevar a cabo este estudio, se tomaron en cuenta aspectos tales como:

- La selección del equipo para la línea y su capacidad,
- La cantidad que se desecha de suero y su procedencia (proveedores del mismo),
- Segmento del mercado al que se dirigió el producto,
- Costo del proyecto.

La principal interrogante planteada fue: ***¿Es factible diseñar una línea de producción para el aprovechamiento del suero actualmente desechado en la industria láctea guatemalteca, obteniendo concentrado de proteínas y reutilizarlo como materia prima de gran valor proteico-nutritivo en la incorporación en alimentos en el sector industrial alimenticio?***

## **2.1 Objetivos**

### **2. 1.1 Objetivo General**

Diseñar una línea de producción para el procesamiento del suero de leche desechado, como resultado de la fabricación de queso, en la industria láctea guatemalteca y recuperación de la proteína para la fabricación de concentrados de la misma.

### **2.1.2 Objetivos Específicos**

- Determinar la capacidad de la línea de producción a diseñar.
- Hacer un estudio técnico para determinar el equipo a utilizar, seleccionando y diseñando el mismo para la línea de producción de concentrado proteínico “WPC”, así como su distribución.
- Calcular los costos de producción y el precio de venta del producto al consumidor final.
- Determinar la disponibilidad de suero producido para esta planta.
- Hacer los balances de masa y energía para el proceso.
- Realizar los diagramas de proceso y el análisis del proceso productivo.

## **2.2 Hipótesis**

Este estudio no requiere de hipótesis ya que es una investigación descriptiva.

## **2.3 Variables de Estudio**

- **Oferta del suero líquido**
- **Tecnología**
- **Competencia y oferta de concentrados**

- **Costo de producción**
- **Costos del equipo**
- **Precio de venta**
- **Composición del suero a procesar (materia prima)**
- **Composición del concentrado a producir**

### **2.3.1 Costo de producción**

Conceptual: costos incurridos en la elaboración de un producto. Suma de esfuerzos y recursos que se han invertido para producir una cosa.

Operacional: suma de los costos de materia prima directa, mano de obra directa y los costos fijos indirectos de fabricación variables.

### **2.3.2 Precio de venta**

Conceptual: elemento de la mezcla de marketing que produce ingresos. El precio también es uno de los elementos más flexibles: se puede modificar rápidamente, a diferencia de las características de los productos y los compromisos con el canal.

Operacional: sumatoria de los costos de producción más un incremento de un porcentaje de utilidad definido por el fabricante.

### **2.3.3 Composición del suero a procesar (materia prima)**

Conceptual: Distribución de las principales sustancias contenidas en el suero de la leche de vaca.

Operacional: Contenido cualitativo y cuantitativo de proteínas, lípidos, minerales, azúcares y otras sustancias contenidas en el suero de la leche de vaca, según origen de procesado.

### **2.3.4 Composición del concentrado a producir (WPC 35)**

Conceptual: Distribución de las principales sustancias contenidas en el concentrado de proteínas al 35 % de concentración.

Operacional: Contenido cualitativo y cuantitativo de proteínas, lípidos, minerales, azúcares y otras sustancias contenidas en el concentrado de proteínas al 35 % de concentración.

### **2.3.5 Tecnología**

Conceptual: Conjunto de los instrumentos y procedimientos industriales de un determinado sector o producto.

Operacional: Maquinaria y accesorios, que permitan el procesamiento del suero líquido para transformarlo y procesarlo de una manera adecuada.

### **2.3.6 Competencia**

Conceptual: Término empleado para indicar rivalidad entre un agente económico (productor, comerciante o comprador) contra los demás, donde cada uno busca asegurar las condiciones más ventajosas para sí. Es el ejercicio de las libertades económicas. Facultad atribuida a un órgano para conocer determinados asuntos específicamente.

Operacional: Agentes económicos (productores, comerciantes, re vendedores) que estén relacionados directamente con la comercialización de concentrados proteínicos.

### **2.3.7 Oferta de suero líquido**

Conceptual: Cantidad de suero líquido disponibles para la venta y que los oferentes están dispuestos a suministrar a los consumidores a un precio y tiempo determinado.

Operacional: Cantidad de suero líquido disponibles para la venta en Guatemala a un precio determinado.

### **2.3.8 Oferta de concentrados**

Conceptual: Cantidad concentrado proteínico disponibles para la venta y que los oferentes están dispuestos a suministrar a los consumidores a un precio y tiempo determinado.

Operacional: Cantidad de concentrado de proteína disponibles para la venta.

## **2.4 Alcances y Límites**

El presente trabajo hace referencia a la propuesta de implementación de una línea de producción de concentrados de proteína, a base del suero líquido desechado en la industria de la fabricación de quesos de leche, los cuales puedan ser una opción más rentable en la industria alimenticia local sobre los concentrados importados. Como ya se mencionó en el planteamiento del problema la línea estaría ubicada dentro de las instalaciones de una planta ya existente.

En la parte técnica del trabajo se analizaron todos los componentes de la línea de producción, lo que implicó el diseño, selección y ubicación de los equipos y accesorios. Se tomó en cuenta que la operación debería ser muy eficaz y muchos de los equipos se seleccionaron a partir de unidades disponibles fabricadas por proveedores con mucha experiencia pero sobre la base de las capacidades calculadas.

Como parte final, se detalló un análisis de costos, que implica tanto el costo de producción como los demás costos asociados, un análisis del precio de venta al consumidor, que en este caso es el sector netamente industrial que utiliza los diversos productos del suero como materia prima para la elaboración de alimentos.

Una de las limitaciones de este trabajo fue que sólo se hizo un planteamiento y no la ejecución del mismo, ya que los costos eran muy altos y no era el propósito de la misma.

Otra limitación del estudio consistió en que no se hizo un análisis de los efectos causados por la contaminación del suero en el ecosistema y la reducción debido a la reutilización.

Así también, no se tuvo conocimiento sobre la oferta del suero exacta para el año en curso, ya que en Guatemala, debido a que actualmente es un producto de desecho, se dejó de estimar la cantidad de suero producido desde el año de 1992. Debido a esto, se realizó una estimación según los datos de la leche que se procesa anualmente en Guatemala y los subproductos que de estos se derivan para determinar un aproximado de la cantidad de suero disponible en estos momentos.

No se contó con el valor total del suero disponible real de la industria para ser procesado en la línea diseñada, ya que por una parte, los datos son confidenciales en las plantas y luego, la imposibilidad del monitoreo de las mismas era prácticamente imposible. La estimación de la cantidad de suero que se puede recolectar para ser procesado fue recabada con los productores grandes del área metropolitana y algunas industrias procesadoras de lácteos grande en el interior de la república.

Así también no se hace un análisis de la inversión inicial.

Por último es importante mencionar que la línea está diseñada para ser una extensión en una planta que ya procesa lácteos y así efficientizar los recursos y hacer el proyecto más rentable.

## **2.5 Aportes**

A la industria Láctea Guatemalteca, como un aporte significativo en el negocio del suero que hoy en día es desechado en la misma.

A la Universidad Rafael Landívar, una fuente de conocimiento a los estudiantes y catedráticos que se interesen en la industria alimenticia.

A la sociedad guatemalteca, como un producto que a la vez de ser barato, tiene un aporte ecológico, nutricional y tecnológico.

## **MARCO III**

### **3.1 Sujetos y Unidades de Análisis**

Para obtener los rangos de precios y características del producto, se realizó una investigación con los principales distribuidores de Guatemala, cotizando el precio de WPC35 y de los concentrados de proteína de suero en polvo a diferentes tipos de concentraciones que se encuentran en el mercado (al 80%, 34% y 11%). Así también, se realizaron entrevistas con los principales compradores del mismo en la industria lechera guatemalteca.

La información para el estudio técnico se obtuvo a través de fuentes como textos, sitios de Internet, revistas y entrevistas con personas que dominan el tema específicamente.

### **3.2 Instrumentos de Estudio**

Las herramientas de ingeniería utilizadas para medir las variables de estudio fueron las siguientes:

- Sondeo de Mercado

Se consultaron fuentes estadísticas de producción de suero, principales productores del mismo, etc., información del Instituto Nacional de Estadística “INE”.

Fuentes secundarias:

- Páginas de Internet del Instituto Nacional de Estadística “INE”.
- Análisis y gráficas estadísticas del volumen de producción de queso para determinar la disponibilidad de la materia prima.

- Estudio Técnico

Herramientas utilizadas:

- Diagrama de Bloques
- Diagrama de Flujo de Balance de Materiales
- Diagrama de Flujo de Proceso
- Método de distribución en planta

- Estudio Costo-Beneficio

Se llevó a cabo por medio de una investigación de costos, tanto directos como indirectos de fabricación, para determinar el precio al consumidor final. Así también se consultaron libros de costos, revistas y fuentes bibliográficas que aportaron las fuentes para determinar dichos rubros.

### 3.3 Procedimiento

1. Se identificó el problema de investigación, que se refiere a la casi nula utilización del suero, ya que prácticamente se desecha. Hoy en día se utiliza inadecuadamente un aproximado de 4,000,000 kg anualmente.
2. Se recabó información en el Ministerio de Agricultura y Ganadería “MAGA” y en el Instituto Nacional de Estadística “INE”, para determinar la cantidad de suero producido en Guatemala y así poder determinar la capacidad de la planta. Se estudió la información sobre la cantidad de suero que se desechó en la industria láctea en los años de 1989 a 1991, se obtuvo un promedio y se determinó la cantidad aproximada que se desecha hoy en día.
3. Una vez determinada la capacidad de la planta se realizaron los siguientes pasos para el estudio técnico:
  - a. Diseño de la línea y equipo: Se realizó tomando como base la capacidad de la planta. Para diseñar el equipo, se realizaron balances de materia y energía, estimando su capacidad y los servicios auxiliares requeridos. Se sobredimensionó el equipo en un 30% previendo un crecimiento futuro. Esto en base al crecimiento poblacional conservador que es de un 3% anual y una vida del proyecto de 10 años.
  - b. Requerimiento de personal: Debido a que el proceso que se llevó a cabo, se realizó por medio de un equipo automatizado el requerimiento de personal es bastante bajo, por lo que se reclutaron 2 operarios, uno que controle las variables del proceso y otro encargado del empaque del producto.
  - c. Tamaño y Localización del equipo en planta: La localización de los equipos en la línea se determinó según el método de distribución por proceso (**ver Anexo 1**). Se calculó el área requerida para el equipo en base a las dimensiones del mismo y el área necesaria para su operación y mantenimiento, y se corroboró con los datos de los proveedores referentes al tema.
4. Ya determinada la distribución, los planos de la línea y el estudio técnico completo, se procedió a realizar el estudio Costo-Beneficio del diseño y montaje de la línea para así pues, determinar el precio del producto al consumidor final. El estudio de costos estuvo basado en los cálculos de los gastos de fabricación tanto fijos como variables que afectan directamente a la línea de producción. El precio al consumidor final se determinó por medio de un estudio de precios de otras casas que venden suero concentrado, para así determinar el precio adecuado en el que se puede integrar el WPC 34 fabricado en la línea.
5. Por último, se procedió a dar las conclusiones y recomendaciones necesarias a la industria láctea de la importancia del aprovechamiento de suero, hoy en día desperdiciado.

## MARCO IV

### Estudio Técnico

#### 4.1 Descripción del producto

A continuación se describe las características del producto:

- ✚ Definición: Concentrado de proteína de suero de leche al 34 % m/m, obtenido por medio de la ultrafiltración, evaporación y secado de suero dulce de leche, previamente centrifugado, filtrado y pasteurizado.
- ✚ Aplicación Industrial: El concentrado de proteína de leche al 34 % m/m puede utilizarse para varios procesos como en la elaboración de alimentos para bebé, productos de confitería y panadería, usos funcionales como fortalecimiento de sopas, bebidas, golosinas, salsas, postres lácteos, alimentos nutritivos, yogur y suplementos nutritivos con proteínas.
- ✚ Presentación Comercial: Sacos de polipropileno, con cubierta exterior de papel tipo Kraft de dos capas para evitar el paso de la humedad y evitar rupturas por manejo inadecuado, impreso con el logo de la empresa y las especificaciones del producto. Los sacos a utilizar son de 25 kg (55.12 lb).
- ✚ **Requisitos de Calidad y composición del producto final:**

Técnicamente el producto debe de cumplir con los siguientes requisitos de calidad:

**Tabla 1.6 Características Técnicas de calidad del WPC 34% m/m**

<b>Característica</b>	<b>Descripción</b>
<b>Solubilidad</b>	El producto se disuelve dentro de un amplio margen de pH. Esto se logra controlando cuidadosamente el procesamiento para garantizar una desnaturalización mínima de la proteína.
<b>Emulsificación</b>	El producto WPC 34 % m/m contiene grupos tanto hidrofílicos como hidrofóbicos en cada molécula. Eso permite que la proteína de suero de leche muestre excelente actividad en la superficie y propiedades estabilizadoras de las emulsiones.
<b>Espuma</b>	Las propiedades de la actividad en la superficie de la proteína de suero de leche son importantes. Estas migran a la zona de contacto del agua y el aire, desarrollan y ayudan en la creación y la estabilización de espuma cuando se añade suficiente aire y energía al sistema.
<b>Cuajado y Gelificación por Calor</b>	Las proteínas de suero WPC 34 % m/m, consisten en agregados pequeños y compactos de moléculas de proteínas de suero de leche. Al agregarles calor, estas moléculas se desarrollan y reposicionan. Esta acción aumenta las habilidades de aglutinación del agua, viscosidad y gelificación de la proteína de suero de leche.
<b>Tamaño de Partícula</b>	Rango entre 1-25 µm

**Tabla 1.7 Composición Típica del Producto Final**

Composición	% m/m
Humedad	2.00
Proteína	34.00
Grasa	1.00
Lactosa	60.50
Minerales	2.60

**Tabla 1.7.1 Características Organolépticas**

Característica	
Color	Crema
Sabor	Insaboro
Olor	Inodoro
Tamaño de Partícula	(1-25 µm)

**Tabla 1.7.2 Análisis de estimación Microbiológica**

Análisis	Rango
Coniformes	No Detectado
E.Coli (1gr)	No detectado
Mohos y Levaduras (1g) (ufc/gr)	<10
Salmonella	Ausente
Listeria	Ausente
Conteo de Bacterias Aeróbicas (ufc/gr)	<30,000

#### Manejo y Almacenamiento

El producto debe ser mantenido en un lugar templado, seco y ventilado. La temperatura del lugar donde se almacene el producto debe de mantenerse debajo de los 25°C y una humedad relativa debajo de 65%. Es importante que el ambiente donde se almacene el producto este libre de sustancias volátiles con olores impregnantes. Los sacos deben de ser entarimados y no tener contacto con el piso ni paredes. El producto debe ser usado preferiblemente antes de 12 meses después de manufacturado, para garantizar la vida adecuada del producto. **(Ver hoja de calidad en anexo 2)**

## **4.2 Análisis del sector Industrial**

El WPC 34 se comercializará en el sector de productos alimenticios para la industria. El mercado meta estará limitado en este momento a industrias alimenticias guatemaltecas, debido a la cantidad de materia prima que se dispone. Los principales proveedores de materia prima (suero dulce de leche) serán las fábricas más grandes de lácteos que operan hoy en día en Guatemala y más adelante, según los requerimientos del mercado, podría analizarse la posibilidad de compra en El Salvador y Honduras, por cercanía y facilidad de logística.

### **4.2.1 Competencia Actual**

Actualmente, a Guatemala ingresa una gran cantidad de productos lácteos de importación. Dentro de los productos que se comercialicen en la industria y que no se producen en Guatemala se encuentran: Suero en polvo, leche en polvo entera, descremada, instantánea, concentrados proteínicos de suero de leche de toda concentración, caseinas, caseinatos, sólidos de mantequilla, etc. Las importaciones que se realizan se hacen por medio de empresas medianas y grandes que encuentran productos en mercados internacionales donde hay excedentes de leche y subproductos como lo es: Nueva Zelanda, Australia, Estados Unidos y los importan para suplir a la industria local. Algunas de estas empresas, con casas matrices en estos países y que tienen gran capacidad de producción y excedentes de leche y derivados trabajan pequeñas sucursales con representantes específicos en el área centroamericana para suplir el mercado. Las empresas que se pueden mencionar como competencia son las siguientes: New Zealand Guatemala, Universal Química S.A., ASEAL, NESTLE, Representaciones del Caribe "REPCA", DISPALSA y ALPRISA.

### **4.2.2 Proveedores**

Los proveedores de suero dulce de leche líquido, serán diversas plantas a nivel nacional que produzcan distintos tipos de quesos y que cumplan con los estándares mínimos de higiene como lo es un sistema de buen mantenimiento y limpieza en planta.

Debido a que en Guatemala no existe la cultura de recuperación de suero, se realizará un plan previo de capacitación a los proveedores seleccionados dirigido a los gerentes de calidad, gerentes de compras, gerentes de ventas y gerentes de producción de las plantas en Guatemala, sobre los beneficios que les traería la venta de este producto tanto a nivel monetario como a nivel de contaminación del medio ambiente. Debido a que la industria alimenticia tiene el tiempo bastante limitado por su demanda de trabajo se realizaría una cita previa para reunir a los interesados, se calendarizará la reunión dentro de las instalaciones del cliente previo a llegar a un acuerdo de las 2 partes tanto en hora como en fecha para realizar dicha capacitación. La capacitación se realizaría en una sesión de aproximadamente una hora y media, donde el tema central sería la concientización del producto hoy desechado, los beneficios de la recuperación, y los aspectos relacionados al tratamiento de calidad que el producto requiere para su venta. Una vez terminada la capacitación se dejarán

15 minutos para preguntas y así aclarar dudas que pudiesen haber quedado en el tiempo de la presentación. Por último se tomarían entre 15 y 30 minutos para llegar a un acuerdo con los gerentes de ventas, y así determinar el precio al que se compraría el producto al proveedor y la logística de recolección.

El programa de capacitación, como ya se mencionó, se dividiría en 3 Partes con los siguientes temas:

1. Concientización a las plantas procesadoras de lácteos.
2. Beneficios de la recuperación y Contaminación Ambiental.
3. Tratamiento Físicoquímicos y de Calidad que el Producto requiere para su venta.
4. Negociación de Precio.

Tiempo aproximado 2 horas hábiles.

Básicamente en Guatemala existen dos tipos de plantas:

- ✚ Plantas medianas y grandes automatizadas o semiautomatizadas productoras de todo tipo de producto lácteo como son: helados, quesos de varios tipos, yogur, crema pura y leche fluida reconstituida o pura.
- ✚ Plantas artesanales productoras de queso, crema y comercializadoras de leche fluida entera y descremada.

Para satisfacer la demanda de la línea de producción se requeriría abastecerla con 12,500 kg/día de suero. Según los datos proporcionados en el Instituto Nacional de Estadística "INE", en Guatemala se produce un aproximado de 4,000,000 kg/año, por lo tanto la producción mensual y anual requerirán consecutivamente entre 250,000 kg/mensuales y 3,500,000 kg/anuales, lo que representa el 80% de la producción anual de suero dulce de leche.

Es importante mencionar que la cantidad de suero dulce de leche que se pretende recolectar solo toma en cuenta la producción anual de las fabricas más grandes de Guatemala como son: FOREMOST, AGRINSA, INLACSA, LA PALMA, PARMA, CHIVOLAC, PINULAC, desechando otras fábricas importantes como GRUPO TREBOL (nueva industria dedicada a la manufactura de productos lácteos, con un hato lechero de 1300 cabezas de ganado de calidad) y la industria semiartesanal y netamente artesanal ya que no se cuenta con la información exacta de la cantidad de suero que estas desechan. Por lo que a medida que se empiece a trabajar en la fabricación del producto se irán recabando estos datos según el crecimiento y la aceptación que tenga el producto en el mercado meta.

#### **4.2.3 Clientes**

- ✚ Los clientes se clasifican como industriales, es decir todas aquellas industrias que utilizan concentrados de proteínas de suero para fortalecimiento de sopas, bebidas, golosinas, salsas, postres lácteos,

alimentos nutritivos, yogur y suplementos nutritivos con proteínas. La venta a este tipo de clientes se definiría como “venta técnica” ya que el vendedor sería un asesor. Se trabajaría según lo demande el cliente y previo a una evaluación de crédito un plazo de pago de 30 días.

#### 4.2.4 Competencia Potencial

- ✚ El ingreso de nuevas marcas de WPC 34 al mercado.

#### 4.2.5 Productos Sustitutos

- ✚ Otro tipo de productos que tengan funciones similares como concentrados proteínicos de soya.

#### 4.2.6 Análisis de Precios

- ✚ Los precios y los productos que se encuentran en el mercado son variables, dependiendo del porcentaje de proteína que el producto posea. En la tabla a continuación se pueden observar los precios que rigen el mercado y las marcas que se mueven en el mismo, así como los proveedores de las mismas.

**Tabla 1.8 Análisis de Precios del sector Industrial de productos de proteína láctea**  
Tasa de Cambio 7.65 Q = 1US\$

Producto Nombre Comercial	% Proteína	Presentación	Proveedor	Precio (Q)/ kg
ALACEN 472 concentrado de proteína al 80%	80	Saco de 25 kg	New Zealand	49.72
DAVISCO Suero dulce en Polvo	7	Saco de 25 kg	ALPRISA	9.94
DAVISCO Suero en Polvo	11	Saco de 25 kg	ALPRISA	12.24
Elite Suero en Polvo	11	Saco de 25 kg	DISPALSA	9.94
ALACEN 473 Concentrado de proteína 35%	34	Saco de 25 kg	New Zealand	26.77

Como se puede observar en la tabla, el precio de los productos varía dependiendo del porcentaje de proteína que estos contengan en su composición.

En el caso del WPC 34 se podría, según se observa en el mercado, ubicarse en un precio cercano entre los Q. 24.00 y Q. 26.00 por kg, que sería el precio de venta del producto.

El precio del producto sería de Q. 600.00 a Q. 650.00 por saco de 25 kg para el consumidor final, según negociación de volumen de compra.

#### 4.2.7 Capacidad de la Línea

De acuerdo a lo que se ha podido evaluar en los datos de el Instituto Nacional de Estadística “INE”, con respecto a la cantidad de lactosuero que se produce anualmente en Guatemala, se puede observar una producción anual promedio de 3,700,000 kg de producción anual desechada. Este dato en kilos equivale al total de suero que se produce en Guatemala en las fábricas de Lácteos más grandes e importantes del país como lo son FOREMOST, AGRINSA, INLACSA, CHIVOLAC, PARMA, La Palma, PINULAC, etc.

En este caso se trabajaría con el 80 % de la producción anual total de cada una de estas fábricas, lo que equivale a 3,001,492 kg/año. Eso se haría recolectando diariamente en cada una de las fábricas la cantidad de suero total tratado un día antes por el productor.

Debido a que se trabajaría con un 80 % de la producción, se puede observar en las siguientes tablas la capacidad anual de procesamiento de suero dulce de leche.

**Tabla # 1.9 Capacidad anual, mensual y diaria de la línea.**

<b>kg Anuales</b>	<b>kg Mensuales (12 meses)</b>	<b>kg Diarios (20 días efectivos)</b>	<b>kg/hora (8 horas de trabajo efectivo)</b>
3,001,492	250,124	12,506	1563

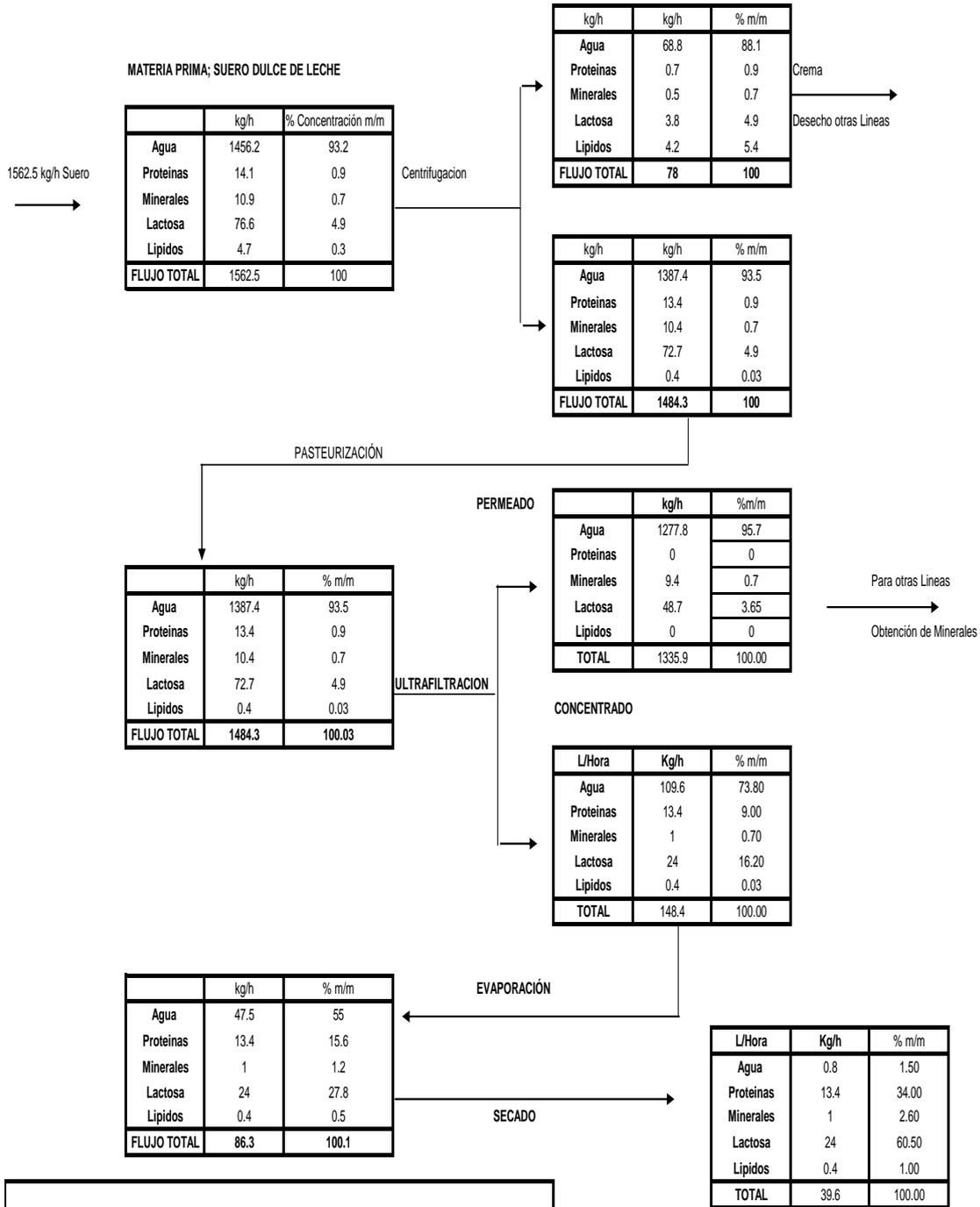
- Cantidad de masa a Procesar Anualmente : 3,001,492kg
- Jornada Laboral: Lunes a Viernes (5 días hábiles)
- Total días trabajados efectivos al año: 240 (sin incluir feriados oficiales y vacaciones)
- Total horas trabajadas al día: 8 horas diarias.

Debido a que la mayor parte de la cantidad de lactosuero que se produce viene de un tratamiento enzimático, llevaremos a cabo los cálculos de la cantidad de producto que estaremos recolectando diariamente.

#### 4.2.8 Materia prima

Para la determinación de los requerimientos de suero de leche necesarios para fabricar WPC 34 se realizó el balance de materiales, tomando en cuenta las pérdidas en el proceso productivo. En la grafica 1, se muestra el balance de

# Gráfica # 1



Producción por Hora de Concentrado de Proteína WPC 34: 40 kg/h  
 Producción por Día de Concentrado de Proteína WPC34: 320 kg/día  
 Producción por Mes de Concentrado de Proteína WPC 34: 6,400 kg/mes  
 Datos Obtenidos de Estudio Técnico Realizado por fabricante de Maquinaria

**Gráfica no.1**  
 Diagrama de Flujo de Balance de Materiales  
 Línea de Producción de Proteína de Suero al 34%

materiales del suero dulce de leche, determinándose que para producir 39.6 kg/h de WPC34 se necesitan 1563 kg/h de suero dulce de leche

#### **4.2.9 Análisis del proceso productivo**

##### **a. Proceso General**

Los objetivos del sistema residen en la recuperación de las proteínas del lactosuero procedente de la producción de queso.

El suero líquido dulce que proviene de las fábricas de queso, en tanques, es llevado a los depósitos báscula de la planta para ser pesado. De estos se extraen muestras representativas para análisis microbiológico y de laboratorio.

La temperatura del suero en este punto debe de ser de aproximadamente entre 4-10°C.

En un primer paso el suero es centrifugado para retirar partículas y grasa. Tras la centrifugación el suero es pasteurizado en un pasteurizador de placas HTST. Tras la pasteurización el suero es concentrado, para obtener un producto concentrado, una simple ultrafiltración es utilizada en el proceso. De esta etapa del proceso se obtienen 2 corrientes, la primera de concentrado donde se encuentra la proteína del suero. La segunda es el permeado, donde se encuentran la mayor parte de las sales. La primera corriente es concentrada mediante el uso de un evaporador a baja temperatura. La etapa de evaporación concentra el suero hasta una concentración de alrededor del 15% tras la cual se seca mediante un secador para obtener el producto final al 34 %.

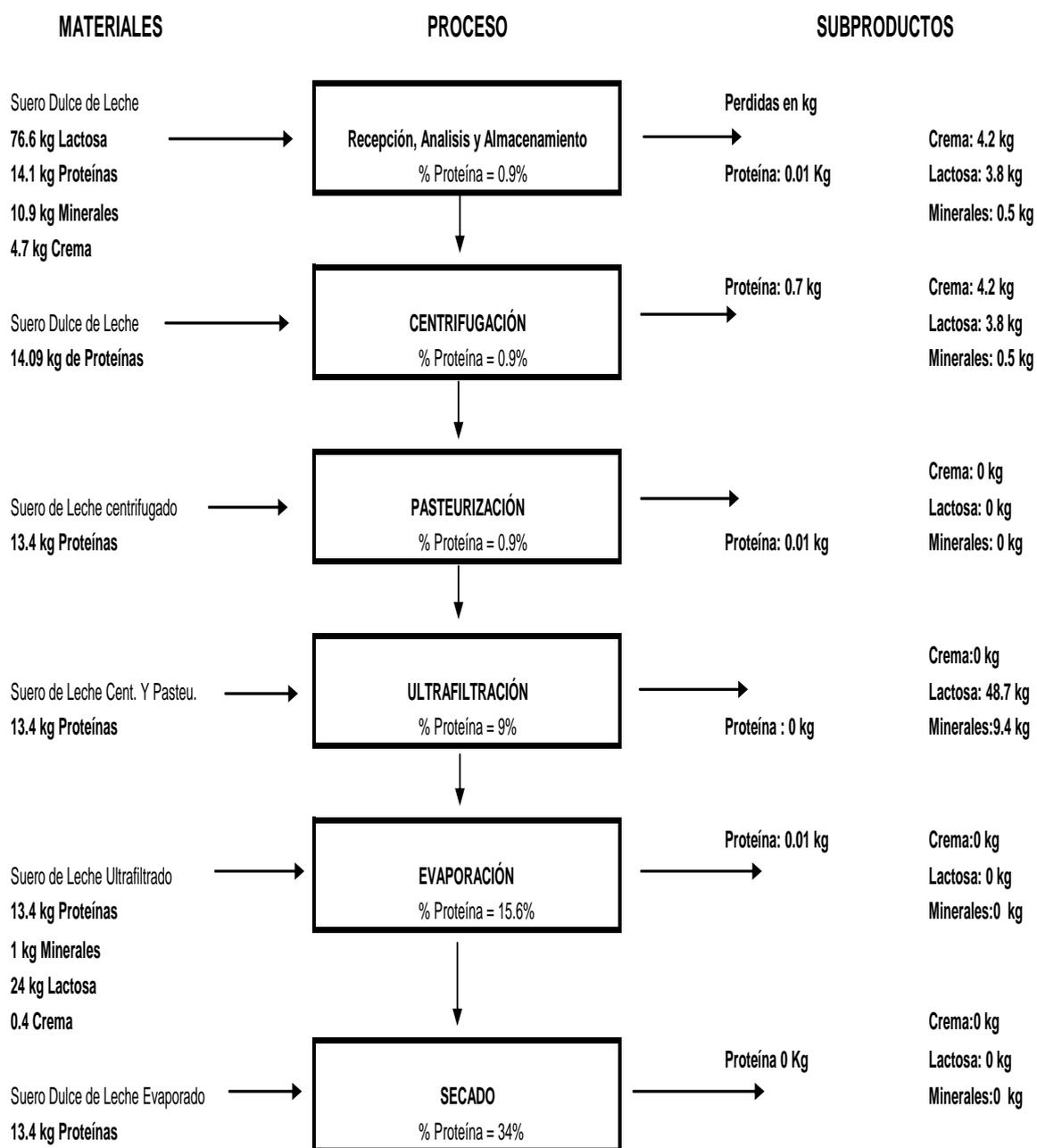
En el diagrama de bloques de proceso, grafica no. 2 para el suero dulce de leche, se observan las operaciones básicas para la realización del proceso y en la gráfica no. 3 se presenta el flujo del proceso productivo, los equipos involucrados y su ubicación en planta en la gráfica no.4.

##### **b. Transporte de materia prima**

La recolección de la materia prima es una de las partes más importantes del proceso. La administración de la línea designará 2 camiones cisternas para la recolección diaria del suero, comenzando la recolección de la materia prima a las 4:00 a.m., y terminando aproximadamente a las 9:30 de la mañana, e ingresan a la planta el producto a las 10:00 a.m. aproximadamente.

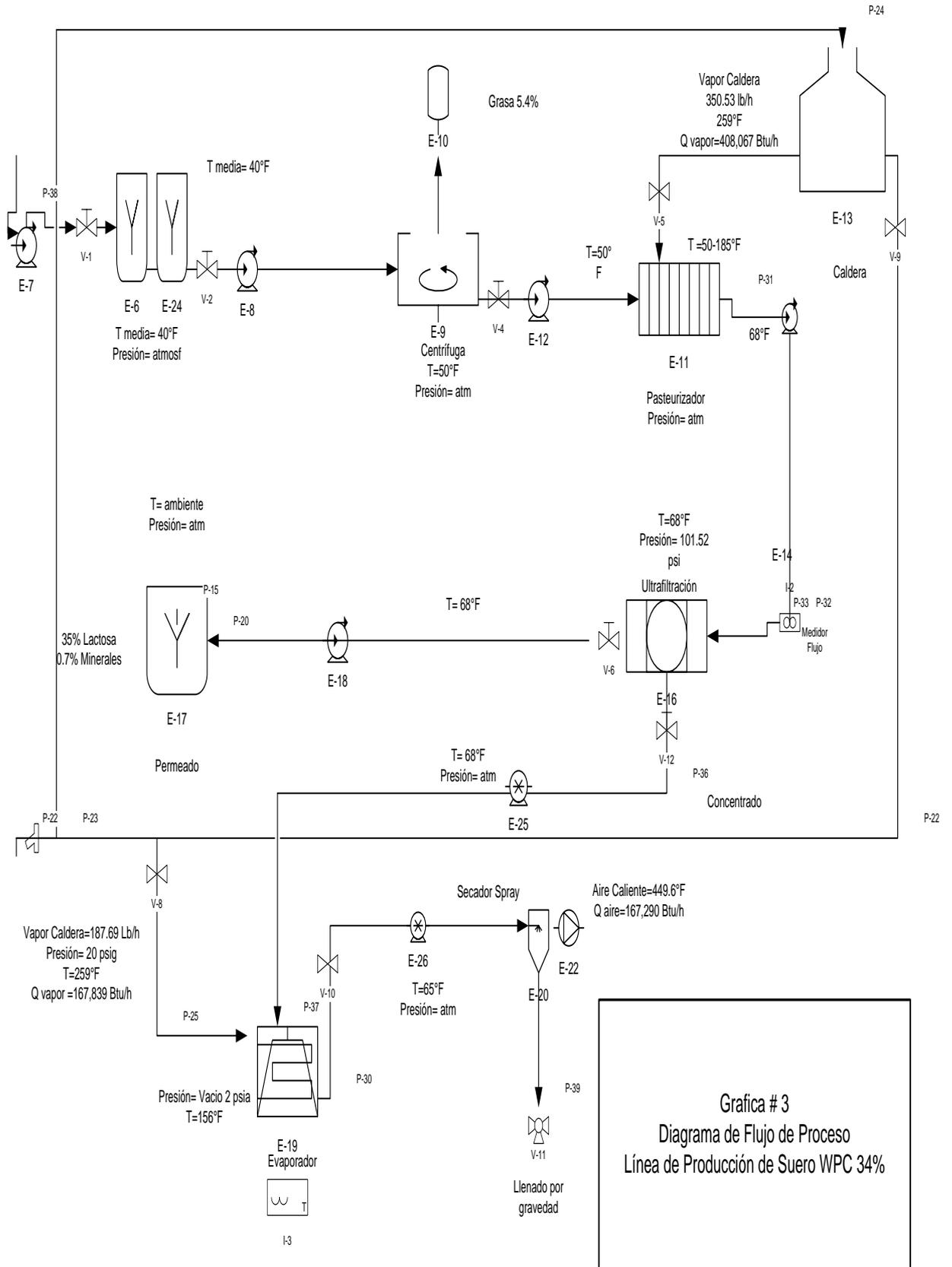
Debido a que la mayor parte de los proveedores y fábricas de lácteos, centralizan sus operaciones dentro de la ciudad capital y en la costa Sur, un cisterna sería designado a las fábricas de la costa sur y salidas a costa sur y la otra cisterna sería designada para la recolección en el centro de la Guatemala. Así también se estima que la operación de recolección oscilaría entre 20 y 30 minutos para ser trasegada dentro del tanque cisterna por planta visitada, por lo que el transportista recolector con un ayudante previamente capacitados, tienen la capacidad de visitar entre 10 y 12 plantas diarias lo que totalizaría entre 20 y 22 plantas productoras por día.

**Gráfica # 2**

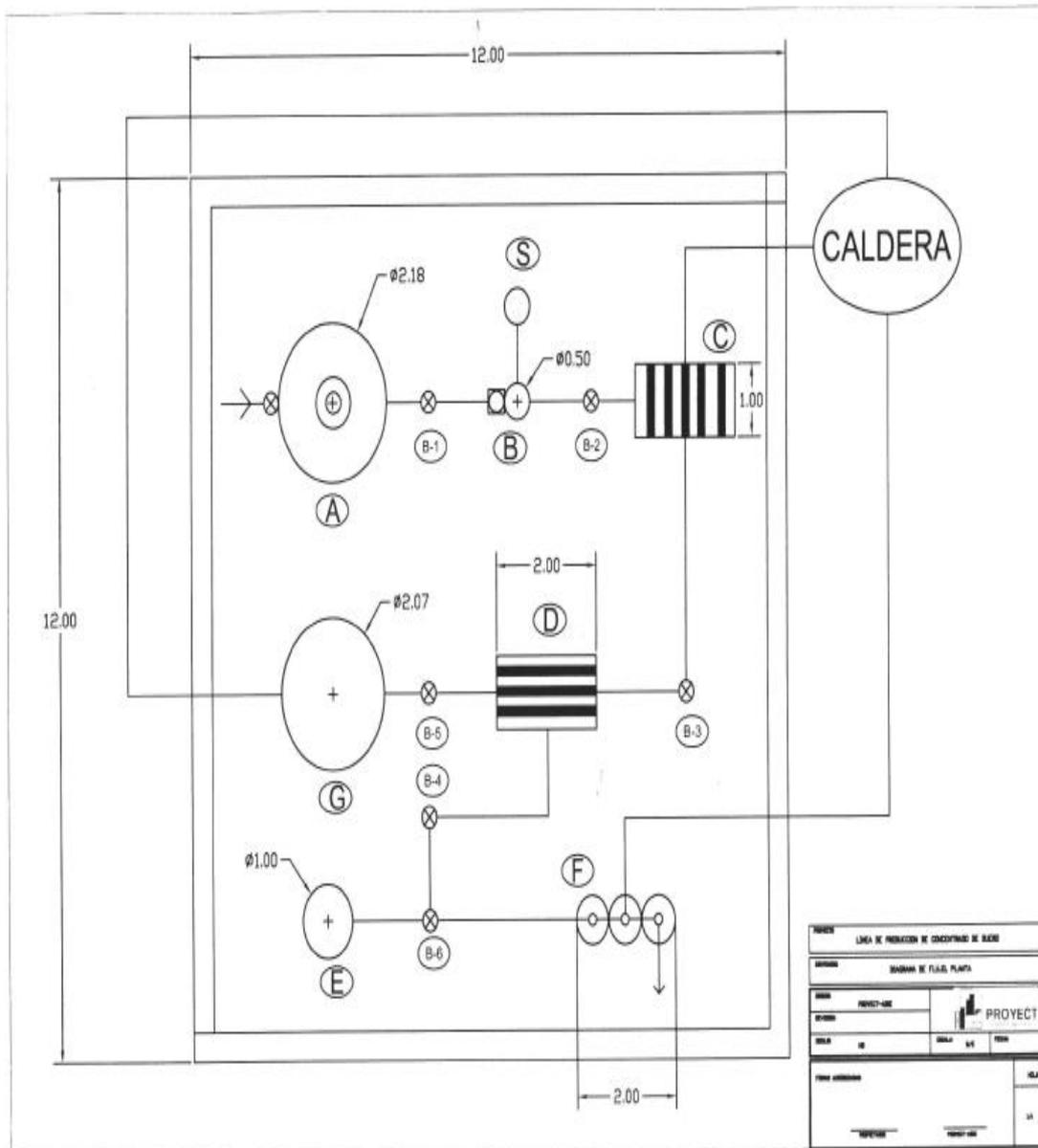


Grafica no. 2  
DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESO  
Fabricación de WPC34

### Gráfica #3



Gráfica # 4



Gráfica 4  
Plano de la línea de Producción

El suero dulce de leche se transporta en camiones cisterna refrigerados, en los cuales es llevado hacia la planta procesadora de suero. Estos camiones poseen un tanque de almacenamiento de acero inoxidable provistos de aislamiento térmico.

Cada camión transportará un aproximado de 15,000 kilos de suero dulce de leche diariamente.

El camión recolector saldrá en la madrugada a recolectar el suero dulce de leche a cada una de las fábricas que se encuentran dentro de la capital, para estar descargando diariamente hacia los tanques receptores en la planta.

El suero dulce de leche debe de estar ingresando a la planta a una temperatura de entre 4 y 7 °C, ya que en el momento de la entrega no debe de sobrepasar este rango de temperatura.

### **c. Recepción del suero dulce de leche**

El camión cisterna descarga el suero de leche hacia los depósitos báscula, cada uno con una capacidad de 15,000 kg que deben tener una chaqueta de enfriamiento para mantener la temperatura entre 4 y 7°C. Estos tanques de recepción tendrán un doble propósito ya que servirán tanto para la recepción como para almacenamiento de materia prima.

De el suero que ingresa a la planta deben de tomarse muestras representativas para análisis de finos de queso estableciendo un máximo de 0.03% v/v, un pH entre 5.9 y 6.3, una acidez titulable con un máximo de 0.16 mg/L (ácido láctico), un análisis de grasa que debe estar en un máximo de 0.06% m/m, un análisis de calcio con un máximo de 500 ppm, y por último un análisis de contenido de cloruros que debe ser menor de 1,100 ppm.

Es importante realizar pruebas bacteriológicas especialmente de coliformes (e-coli-salmonella), levaduras, y mohos.

**Tabla 1.7.3 Análisis de estimación Microbiológica**

<b>Análisis</b>	<b>Rango</b>
Coniformes	No Detectado
E.Coli (1gr)	No detectado
Mohos y Levaduras (1g)	<10
Salmonella	Ausente
Listeria	Ausente
Conteo de Bacterias Aeróbicas (ufc/gr)	<30,000

### **d. Traslado por Bombeo**

El suero que está en los tanques de recepción y almacenaje se bombea hacia la centrífuga según sea el requerimiento de flujo de la línea de producción. En este paso el suero debe de ingresar a una temperatura de entre 4 y 7°C, ya

que en la centrifuga sufrirá un calentamiento debido al proceso mecánico al que es sometido el suero líquido.

#### **e. Descremado**

Cuando se trata de producir concentrado de proteína WPC 34 % v/v es necesario retirar la mayor parte de la grasa que éste contiene. El suero que es bombeado de los tanques de almacenamiento es sometido a centrifugación en una descremadora centrifuga, que permite que se separe la mayor parte de la grasa contenida en el suero. En la centrifuga se va a calentar el suero a 10°C. Esta fracción se alimentará a unos depósitos de crema bastante pequeños que son trasladados al cuarto frío de la empresa para su posterior venta a las fábricas que requieran de este tipo de producto.

#### **f. Pasteurización**

De la centrífuga se bombea el suero fluido hacia el pasteurizador HTST, alta temperatura corto tiempo, este es un eficaz tratamiento térmico que reduce el peligro de contaminación de bacterias patógenas. El suero dulce de leche ingresa al pasteurizador a una temperatura de 10 °C. En el momento en el que ingresa el suero a la tubería del pasteurizador este lleva el producto a una temperatura de 85°C durante 15 segundos. Posteriormente el producto vuelve a bajar su temperatura hasta regresar a entre 4 y 7°C ya pasteurizado.

#### **g. Ultrafiltración**

El suero ya pasteurizado y descremado ingresa al sistema de ultrafiltración. En este sistema el suero pasa por una membrana de ultrafiltración asimétrica con un grosor de película de 150-200  $\mu\text{m}$  de material cerámico polimérico y a una presión de operación de  $99.97 \times 10^3$  y  $999.74 \times 10^3$  Pa . En esta membrana se separan 2 efluentes, el permeado y el concentrado. El permeado rico en sales y carbohidratos es separado y trasladado por bombeo hacia un tanque de el cual se transporta hacia otras líneas. El concentrado rico en proteínas y lactosa es trasladado por medio de una bomba hacia el evaporador.

El suero a esta temperatura se bombea hacia un intercambiador de calor que calienta el producto a 93 °C y la alimenta al evaporador simple efecto.

#### **h. Evaporación**

El producto que sale del ultrafiltrador ingresa directamente al evaporador el cual es de simple efecto debido a que la cantidad de sólidos que es debajo de 30°Bx, no amerita utilizar múltiples efectos en este caso. El suero ingresa a una temperatura de 20°C al evaporador y 26°Bx y sale a 68°C y 45°Bx.. Debido a que la temperatura a la que se debe alcanzar la ebullición no debe de sobrepasar los 70°C ya que el material es altamente degradable por su naturaleza proteica se utilizó vacío (las proteínas del suero precipitan a 100°C). El licor alcanza una temperatura de ebullición 52 °C dentro de la cámara en vacío sin sobrepasar los límites de degradación o desnaturalización de las proteínas del suero.

## **i. Secado**

El suero concentrado en un 45 % m/m de sólidos y a una temperatura de 74°C se alimenta por medio de una bomba de pistón a la torre de atomización. Se hace entrar aire mediante un ventilador, a través de un filtro y este aire se calienta por medio un quemador alimentado con propano.

La temperatura del aire se eleva a 232.22 °C. El aire caliente fluye a través de un distribuidor hacia la cámara de mezcla. En esta cámara el suero que es atomizado se mezcla de forma continua con el aire caliente. Durante el proceso de secado el suero ya en forma de polvo se sedimenta en la cámara y se descarga al fondo de la misma. El transporte hacia la sección de envasado se hace de forma neumática, con aire de enfriamiento que entra en el sistema de transporte impulsado por un ventilador. El aire limpio de secado se extrae de la planta por medio de un ventilador. En este caso se puede observar una Humedad del producto final de un 2%, lo que asegura que la mayor parte de los microorganismos dejan de ser activos y que el valor nutritivo y sabor se preserve de una manera adecuada.

## **j. Llenado**

El polvo que está saliendo del secador Spray es llevado hacia una tolva, la cual es controlada por un operario, el cual abre la llave de la tolva y verifica el llenado y el peso del producto en los sacos de 25 kg y posteriormente por medio de una cosedora manual sella el saco.

## **k. Control de calidad**

El operario que controla el llenado es el encargado de tomar una muestra de producto final de cada lote que es procesado al departamento de control de calidad para su análisis es cual debe de coincidir con los estándares preestablecidos.

### **4.2.10 Equipo**

En la tabla no. 1.10.0 se muestran los equipos que se utilizarán y en el anexo 3 los cálculos para el dimensionamiento del mismo.

**Tabla 1.10.0 Descripción de equipos del Proceso**

<b>EQUIPO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
Bomba de Descarga	2	Tipo: Bombas Centrífugas Sanitarias Marca: Harrington Capacidad: 10 GPM Motor eléctrico: 1.5 HP Material: Acero Inoxidable 316L
Tanques de Recepción y Almacenamiento	1	Capacidad: 16,000 L c/u Diámetro: 2.18 m Altura: 4.36 m Material: Acero Inoxidable 316 L
Centrífuga	1	Marca: Seital, Separador con retenedor. Material: Acero Inoxidable 316 L Capacidad: 2,000 kg/h de suero

Bombas	2	Tipo: Bombas Centrífugas Sanitarias Marca: Harrington Capacidad: 1562 kg/hr Motor eléctrico: 1 HP Material: Acero Inoxidable 316L
Sistema de Pasteurización	1	Tipo: Sistema de pasteurización tipo HTST Efectúa las operaciones de Calentamiento y enfriamiento del fluido en el mismo equipo. Capacidad: 25,000 L/día
Bombas	1	Tipo: De pistón y desplazamiento positivo. Capacidad: 100 kg/h Motor: 0.5 HP Material: aceroInox, 316 L
Equipo de Ultrafiltración	1	Tipo: MMS WPC 34 Capacidad: 25,000 L/día Material: 316 L Acero Inox
Evaporador	1	Tipo: Simple Efecto MMS WPC35 Capacidad: 25,000 L/día Material: 316 L Acero Inox. Incluye bombas Sanitarias para proceso, y su intercambiador de placas para el precalentamiento.
Secador Spray	1	Tipo: MMS WPC 35 Capacidad: Ciclón y Ventilador Sistema de Filtración Sistema de Retroalimentación de Polvos Finos Tamiz de Filtración Calentador de Aire, para calentar el aire por un quemador de propano Tolva para empacado por sistema neumático.
Bombas	2	Tipo: Bombas Centrífugas Sanitarias Marca: Harrington Capacidad: 1484 kg/hr Motor eléctrico: 0.5 HP Material: Acero Inoxidable 316
Bombas	3	Tipo: Bombas Centrífugas Sanitarias Marca: Harrington Capacidad: 180 kg/hr Motor eléctrico: 0.5 HP Material: Acero Inoxidable 316
<b>EQUIPOS PARA SERVICIOS</b>		
CALDERA	1	20HP
ICE BUILDER		Capacidad = 90,909 kg/hr Compresores de 25 HP
<b>EQUIPO PARA LABORATORIO</b>		
Incubadora	1	Resistencia: 8 Kw
Lactodensímetro	2	Con termómetro
Balanza Analítica	1	Capacidad = 500 gr +/- 0.001 gr
Accesorios de Laboratorio		Beacker, Buretas, Erlenmeyer, Pipetas, Termómetros, Cajas de Petri, Limpiadores,.

#### 4.2.11 Inversión y Costos de Fabricación

✚ Análisis de Inversión Inicial del Equipo:

Para el cálculo de la inversión, se tomó como base la cotización del fabricante donde se incluye la totalidad de los equipos de la línea, desde el tanque báscula de recepción, bombas, hasta el equipo complementario.

**Tabla 1.11 Costo del equipo (Línea de Procesamiento) Tasa de Cambio: Q 7.65 = US\$ 1.00 a Septiembre del 2006.**

EQUIPO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (Q)
Tanques de Recepción, Centrifuga, Pasteurizador, Sistema de Ultrafiltración Automático, Sistema de Nanofiltración, Evaporador, Secador.	1 de cada 1	Q3,656,730.00
Bombas de Proceso y equipo auxiliar		
PRECIO DDP (DELIVERED DUTY PAID)		
Costo de Ingeniería		Q215,065.00
Costo de Instalación		Q430,000.00
<b>TOTAL</b>		<b>Q 4,301,795.00</b>

✚ Costos Variables y Fijos de Fabricación

**Tabla 1.12 Costos variables y fijos de Fabricación Tasa de cambio: Q 7.65 por US\$ 1.00**

Costos Variables	UNIDADES	REQUERIMIENTO		COSTO UNITARIO QUETZALES (Q)	COSTO TOTAL QUETZALES	
		ANUAL	MENSUAL		ANUAL(Q)	MENSUAL(Q)
<b>Materia Prima Directa</b>						
Suero de Leche	kg	3,001,492.8	250,124.4	0.31	918,456.78	76,538.07
Envase	Sacos	3,072.0	256.0	3.83	11,750.40	979.20
<b>Mano de Obra Directa</b>						
<b>Costos Fijos</b>						
		ANUAL	MENSUAL	QUETZALES (Q)	ANUAL(Q)	MENSUAL(Q)
Operarios 2	Personas	2.0	2.0	2,500.02	60,000.48	5,000.04
Gastos Administrativos					46,080.00	3,840.00
<b>Energía Eléctrica</b>	kW-h	29,980.8	2,498.4	1.53	45,870.62	3,822.55
<b>Agua</b>	m3	6,542.6	545.2	2.30	15,015.36	1,251.28
<b>Combustible</b>	Galones	2,534.0	211.2	15.00	38,010.00	3,167.50
<b>SUMATORIA DE COSTOS</b>					<b>1,135,183.64</b>	<b>94,598.64</b>

## ✚ Costo Unitario, Precio de Venta y retorno

**Tabla 1.13 Análisis de Costo Unitario**

<b>COSTO UNITARIO</b>	
Unidades Producidas/mes	256
	<b>(Q)</b>
COSTO POR SACO DE 25 kg	369.53
COSTO POR Kg	14.78

**Tabla 1.14 Análisis de Precio de Venta/unidad, porcentaje de utilidad y ganancia real neta.**

ANÁLISIS DE PRECIO DE VENTA	(Q)	(Q)	(Q)	(%)
Costo Saco de 25 kg	369.53			
% de Utilidad	35 %			
Precio Sin IVA al consumidor final	568.50			
Precio con IVA al CF 12%	636.72	ISR 20 %	Utilidad Real o Neta/Saco	% de Utilidad Neta después de Impuestos/ Saco
Utilidad Bruta por sacco	198.98	39.79509971	159.18	0.25

**Tabla 1.15 Análisis de Retorno de la Inversión Anual**

### Retorno de la inversión

	Q/Anual
<b>Ganancia Bruta Anual</b>	611252.7315
<b>Ganancia Neta Anual</b>	489002.1852

## MARCO V

### 5.1 Discusión

Inicialmente se investigó la información en Guatemala, sobre el volumen anual de suero que fue desechado, usando como fuente el Instituto Nacional de Estadística (INE). Los datos corresponden al período comprendido entre 1989 y 1992 (**ver anexo 4**). El Director actual de esta entidad informó que ya no se recopilaban más datos a partir de la última fecha mencionada debido a que el funcionario que tomó el cargo en el año de 1993, ordenó la suspensión de este control. Con esta escasa información se determinó la relación entre queso producido y suero desechado en ese período, la cual se utilizó para hacer un estimado correspondiente para el período comprendido entre 1985 y 2001.

En este análisis se pudo observar, según las gráficas del (**anexo 5**), una baja en la producción de leche y el procesamiento de derivados en el período 1985 - 2001. Se determinó un promedio para la producción de leche (1985-2001) de 40,000,000 L/año y un promedio simple para la producción de queso fresco de

923,300.00 kg/año. Se realizó un comparativo de la cantidad de suero desechado en los años de 1989 a 1992, donde se observó una producción anual de leche  $4.25 \times 10^7$  L y de queso fresco de  $1 \times 10^6$  kg. De estos datos se observó una baja de un 6% en la cantidad producida de leche cruda, y un 8% en la cantidad de queso fresco durante los últimos años en comparación con los datos de 1989 a 1992. En el caso del volumen de suero desechado por las plantas procesadoras más grandes en Guatemala, se pudo obtener un promedio entre los años de 1990-1992 de  $3.691 \times 10^6$  kg/año.

Si la planta de procesamiento de este estudio trabajara con el 80 % del suero total disponible, el volumen total a trabajar sería de 3,001,492 kg/año. (No existen datos oficiales de volumen de leche procesada por planta en Guatemala y debido a que plantas como PARMA, se encuentran fuera del área donde el costo del transporte es rentable).

Con el dato anterior se seleccionó la ultrafiltración como proceso para concentrar las proteínas, ya que presentaría varias ventajas sobre otros métodos:

1. En el caso de precipitación con agentes químicos, que se basa en la influencia de la fuerza iónica del medio y/o del pH sobre la solubilidad proteica y la formación de complejos insolubles con reactivos más o menos específicos, no es adaptable, a pesar que la técnica es muy simple, ya que en la recuperación es poco eficiente y dificultosa purificación del precipitado contaminado con el agente de precipitación.
2. En la centrifugación, que se basa en la diferenciación de tamaños con respecto a la densidad, existe contaminación cruzada e impedimentos estéricos que no favorecen la separación de las proteínas del suero lácteo.
3. La cromatografía, que es una de las técnicas de separación líquido-sólido más efectivas y en el caso de las proteínas, con obtención de altas purezas y casi nula desnaturalización, es un proceso muy costoso. Además, es muy selectivo, específico para la separación exclusiva de una proteína determinada, que no es el objetivo de este proceso. Los costos se elevarían haciendo que el producto no sea rentable para las condiciones actuales del mercado.
4. En el caso de electroforesis, que es un método de separación de proteínas que se basa en la capacidad que tienen los polímeros biológicos cargados eléctricamente y que migran bajo la influencia de estos campos, es un método muy efectivo para la caracterización pero no para la concentración.

En contraste con los métodos anteriores, en la ultrafiltración la principal función es la separación y concentración de proteínas por medio de una membrana. Ya que es un proceso de filtración en flujo tangencial (que se utiliza en la separación de sustancias de un peso molecular entre 10,000 y 1,000,000 Dalton), se distingue por ser un método bastante moderno y

adecuado para este proceso. Presenta una selectividad según el tamaño de las partículas y es un método frecuente en las industrias de separación de proteínas de suero lácteo alrededor del mundo.

Debido a los requerimientos determinados en este estudio, se eligió el tipo de membrana en función del peso molecular y características de las proteínas. Debido a que las mismas tienen un peso molecular entre 10,000 D a 500,000 D, la membrana escogida debería ser asimétrica y porosa, de un material resistente y lavable (una poliamida), con un grosor entre 150-250  $\mu\text{m}$  y un tamaño de poro entre 0.02 - 0.2  $\mu\text{m}$ . Este tamaño y tipo de membrana tiene la capacidad de retener biomoléculas de ese peso molecular específico. Como segundo paso se analizó la presión de trabajo ya que esta está íntimamente ligada a la membrana (presión transmembrana). En este caso la presión de operación en el equipo debería estar en un rango entre  $99.97 \times 10^3 \text{ Pa}$  a  $999.74 \times 10^3 \text{ Pa}$ , ya que es la presión óptima de trabajo en la que la membrana funciona adecuadamente sin alterar sus propiedades, y lo más importante, sin dañar las estructuras de la proteína a separar.

El proceso de separación y concentración se debería llevar a cabo en régimen turbulento, con una velocidad del orden de los 4.5 m/s y una temperatura de operación de entre los 10 a 20 °C. A esta temperatura se establece un compromiso entre la difusión máxima del permeado a través de la membrana y la viscosidad mínima del retenido por una parte y por otra, además, se limita el desarrollo bacteriano y la desnaturalización proteica. El pH de la operación se debería controlar entre 5.5 y 6.5, con lo que se obtendría un excelente equilibrio para evitar la formación de ácido láctico en el proceso.

En el caso del equipo industrial complementario, las bombas y las válvulas utilizadas en este proceso se escogieron de tipo sanitario y de acero inoxidable 316 L, para asegurar la limpieza e inocuidad del proceso. Los tanques y equipos auxiliares como el pasteurizador, evaporador, secador y centrifuga separadora, también serían de acero inoxidable 316 L y además tendrían excelente resistencia mecánica, a los agentes ambientales, agentes de limpieza y variables de proceso que afecten sus estructuras.

Los tanques y equipos deberían construirse bajo los más altos estándares, de acuerdo a las normas ASME y API. Se requerirían, por supuesto, soldaduras sanitarias bajo atmósferas inertes de argón, con pulimentado mecánico o electrolítico, a fin de obtener una rugosidad de superficie menor a un micrón. Con estos procedimientos se asegura una resistencia adecuada a los ataques corrosivos y una superficie que se pueda limpiar y esterilizar eficientemente de tal forma que se asegure la calidad bacteriológica del producto y se reduzcan los costos.

Así pues, ya seleccionado el proceso más adecuado y determinadas las características del equipo, se solicitaron varias cotizaciones al extranjero. Las empresas nacionales de fabricación de equipo no contaban con la experiencia y la tecnología necesaria para la construcción del mismo. Se

recibieron dos cotizaciones y se seleccionó la que se adaptaba adecuadamente a los requerimientos (**ver anexo 6**). El proveedor seleccionado fue MMS de Barcelona, España. Así también, al hacer la comparación con el otro proveedor, en lo que se refiere a precio y facilidades de pago, instalación, y asesoría técnica, MMS presentó la mejor oferta.

Se diseñó la línea de producción usando el método de distribución por producto o en línea (**ver anexo 1**), ya que toda la maquinaria y equipos necesarios para fabricar el producto se concentrarían en una misma zona y se ordenaron de acuerdo con el flujo adecuado en el proceso de fabricación. Este diseño se hizo tomando en cuenta la eficiencia del proceso, minimización de recursos, fácil limpieza y reducción del área necesaria (144 m<sup>2</sup>).

Si fuera necesaria la compra de una caldera extra, porque no se dispone de el vapor necesario, se requerirían 16 BHP para la operación de la línea.

Se analizó el tipo de producto y los precios de venta de concentrados de proteína en el mercado de Guatemala, observándose que se comercializan concentrados importados de distintas concentraciones (al 11%, al 34%, al 80%), diferentes marcas y diferentes precios. El precio encontrado más bajo para los concentrados de proteína de suero al 34% fue Q 26.77/kg (IVA incluido) de producto.

Al realizar el análisis de costos (fijos y variables) de fabricación se determinó que el costo del producto fabricado en esta línea de producción sería de Q15.15/kg. Al calcular una utilidad después de impuestos de un 25%, el precio de venta sería de Q 26.10/kg. Comparando con el precio más bajo del mercado, el mismo sería 3% más bajo. Además no estaría sujeto a los precios del mercado internacional (salvo que por políticas de la empresa se participe en este tipo de negociaciones). Hay que hacer notar que la disponibilidad es local, por lo que no existirían problemas de importación del producto.

## MARCO VI

### Conclusiones

1. El concentrado de proteína a producir sería el WPC34, de acuerdo a los requerimientos del mercado actual según los datos obtenidos en este estudio.
2. La capacidad de la línea de producción diseñada fue 1563 kg/h de suero líquido, de acuerdo al proceso seleccionado y a la disponibilidad, usando el 80% de la cantidad disponible desechada en las plantas de lácteos a nivel nacional.
3. Según este estudio, la ultrafiltración sería el proceso más adecuado para concentrar las proteínas de suero, ya que las ventajas del mismo sobre otros métodos, influirían directamente sobre la calidad del producto a obtener.
4. El equipo a utilizar para la ultrafiltración se seleccionó a partir de varias opciones, del proveedor MMS Ibérica (Barcelona, España) ya que presentó las mejores ventajas tecnológicas y costo sobre la competencia.
5. El costo de producción calculado para el WPC34, en base a este estudio, sería de 14.78/kg. Así también, el precio de venta del producto con IVA al consumidor final, sería de Q25.46/ kg, generando una utilidad neta después de impuesto de un 25%.
6. El promedio aproximado calculado para desecho de suero lácteo en Guatemala sería de  $3.691 \times 10^6$  kg/año. El 80% del suero total disponible que podría trabajarse sería de  $3.001 \times 10^6$  kg/año (No existen datos oficiales de volumen de leche procesada por planta en Guatemala y debido a que plantas como PARMA, se encuentran fuera del área donde el costo del transporte es rentable).
7. De acuerdo a los balances de masa y energía calculados, se estaría ingresando 1563 kg/h de suero líquido sin tratar, y se obtendría 39.6 kg/h de suero WPC34 seco y listo para empaque, en una jornada laboral efectiva de 8 h/día. El consumo de vapor saturado sería de 567 lb/h a 620.52 kpa y un gasto anual de combustible (Fuel Oil No. 2 o Diesel) para la caldera de 2,534 gal/año. El consumo de energía eléctrica sería de 29,980.80 kw-h/año.
8. Los diagramas para la posible línea de producción con la ubicación de los equipos y flujo del material se encuentran en la gráfica no. 3 y 4

## **MARCO VIII**

### **Recomendaciones**

1. La línea de producción diseñada debería incorporarse a una planta ya montada y afinar los detalles de costos, disponibilidades, etc. De acuerdo a la realidad de ese momento en la misma.
2. Se recomienda a los estudiantes de Ingeniería realizar un estudio de impacto ambiental, sobre la contaminación que hoy en día causa para Guatemala el tirar el suero al alcantarillado y a los ríos de Guatemala.
3. Se recomienda a las entidades responsables en Guatemala el llevar los datos exactos de la cantidad de suero que se desecha, ya que desde hace más de una década no se hace el registro de los mismos.

## Referencias Bibliográficas

1. Alais, Ch. (1985). **CIENCIA DE LA LECHE PRINCIPIOS DE TÉCNICA LECHERA**, España: Reverté S.A.
2. ALIMENTACIÓN, EQUIPOS Y TECNOLOGÍA. (Julio,1998). Revista. **PROCESAMIENTO DEL SUERO DE LECHE.**
3. Brol, M., (1997) “**DETERMINACIÓN DE FACTORES QUE INCIDEN EN LA SATISFACCIÓN DEL USUARIO INDUSTRIAL GUATEMALTECO DE PRODUCTOS LÁCTEOS EN POLVO IMPORTADO**”. Guatemala,URL,Tesis.
4. Cunnigham, (2000). **PROCESOS QUIMICOS Y FISICOS E LA PREPARACIÓN DE ALIMENTOS.** México: Editorial Limusa, S.A.
5. Fellows,(1994) **OPERACIONES UNITARIAS EN INGENIERIA QUIMICA** (6 ed.). Mc Graw Hill.
6. Geankopolis, C.J. (1998) **PROCESOS DE TRANSPORTE Y OPERACIONES UNITARIAS,** (3a. Edición) México. Compañía Editorial Continental.
7. Gutiérrez B. (1997) “**DETERMINACIÓN DE FACTORES QUE INCIDEN EN LA SATISFACCIÓN DEL USUARIO INDUSTRIAL GUATEMALTECO DE PRODUCTOS LÁCTEOS IMPORTADOS**” Tesis. Guatemala. Universidad Rafael Landívar.
8. Kern, D. (1995) **PROCESOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR,** Mexico: Compañía editorial Continental.
9. Kirk,R.;Sawyer,R.;Egan,H. (1996) **COMPOSICIÓN Y ANALISIS DE ALIMENTOS DE PEARSON,** (2ª. Edición) México. Compañía Editorial Continental.
10. McCabe,W.;Smith,J.; y Harriot,P. (2002) **OPERACIONES UNITARIAS EN INGENIERIA QUIMICA,** (4ª. Edición). México. Mc. Graw Hill Interamericana.
11. Molina, E.,(1993), “**EL SUERO: PRODUCTO LACTEO DE PRIMERA CLASE UTILIZACIÓN Y APROVECHAMIENTO**”. Tesis. Guatemala. Universidad Rafael Landívar.
12. Morrison, B. (1987) **QUIMICA ORGANICA,** (5a. Edición) México. Addison Wesley Iberoamericana.

13. Molina, E.,(1993) **EL SUERO: PRODUCTO LACTEO DE PRIMERA CLASE UTILIZACIÓN Y APROVECHAMIENTO**
14. Perry, R., Green, D. y Maloney, J. (1998). **MANUAL DEL INGENIERO QUÍMICO**, (6ª edición) México:McGraw Hill.
15. Pineda,D (2003) **“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO FINANCIERO PARA ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA NUTRITIVA A PARTIR DE SUERO DE LECHE”** Tesis. Guatemala. Universidad Rafael Landívar.
16. Schwartz, P (2004) **“ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO DE UNA PLANTA PARA LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN POLVO”** Tesis. Guatemala. Universidad Rafael Landívar.
17. Skoog. D., West, D. y Holler, J. (1997).**QUÍMICA ANALÍTICA**, (6ª Edición) México, McGraw Hill.
18. Instituto Nacional de Estadística INE (2000). **PRODUCCIÓN ANUAL DE PRODUCTOS LÁCTEOS**. Guatemala.

# ANEXO 1

## MÉTODOS DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

### MÉTODOS PARA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Las decisiones sobre distribución implican la determinación de la localización de los departamentos, de los grupos de trabajo dentro de los departamentos, de las estaciones de trabajo, de las máquinas y de los puntos de mantenimiento de las existencias dentro de unas instalaciones de producción. El objetivo es organizar estos elementos de una manera tal que se garantice un flujo de trabajo uniforme (en una fábrica) o un patrón de tráfico determinado (en una organización de servicios).

### DISTRIBUCIÓN POR PROCESOS

También llamada taller de empleos o distribución funcional.

El enfoque más común para desarrollar una distribución por procesos es el de arreglar los departamentos que tengan procesos semejantes de manera tal que optimicen su colocación relativa.

En que todas las operaciones de la misma naturaleza están agrupadas. Este sistema de disposición se utiliza generalmente cuando se fabrica una amplia gama de productos que requieren la misma maquinaria y se produce un volumen relativamente pequeño de cada producto.

Por ejemplo, fábricas de hilados y tejidos, talleres de mantenimiento e industrias de confección.

#### **Ventajas:**

- Menor inversión en máquinas debido a que es menor la duplicidad. Sólo se necesitan las máquinas suficientes de cada clase para manejar la carga máxima normal. Las sobrecargas se resolverán por lo general, trabajando horas extraordinarias.
- Pueden mantenerse ocupadas las máquinas la mayor parte del tiempo porque el número de ellas (de cada tipo), es generalmente necesario para la producción normal.
- Una gran flexibilidad para ejecutar los trabajos. Es posible asignar tareas a cualquier máquina de la misma clase que esté disponible en ese momento. Fácil, adaptable a gran variedad de productos. Cambios fáciles cuando hay variaciones frecuentes en los productos ó en el orden en que se ejecuten las operaciones. Fácilmente adaptable a demandas intermitentes.
- Los operarios son mucho más hábiles porque tienen que saber manejar cualquier máquina (grande o pequeña) del grupo, como preparar la labor, ejecutar operaciones especiales, calibrar el trabajo, y en realidad, tienen que ser mecánicos más simples operarios, lo que proporciona mayores incentivos individuales.
- Los supervisores y los inspectores adquieren pericia y eficiencia, en manejo de sus respectivas clases de máquinas y pueden dirigir la preparación y ejecución de todas las tareas en éstas máquinas.,
- Los costos de fabricación pueden mantenerse bajos. Es posible que los de mano de obra sean más altos por unidad cuando la carga sea máxima, pero serán menores que en una disposición por producto, cuando la producción sea baja. Los costos unitarios por gastos generales serán más bajos con una fabricación moderna. Por consiguiente, los costos totales pueden ser inferiores cuando la instalación no está fabricando a su máxima capacidad ó cerca de ella.

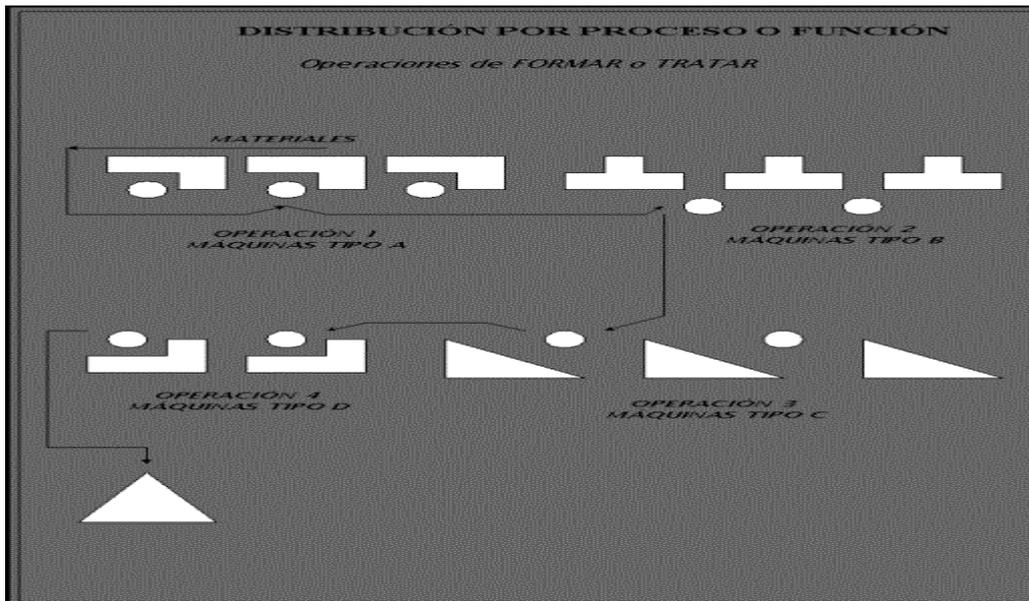
- Las averías en la maquinaria no interrumpen toda una serie de operaciones. Basta trasladar el trabajo a otra máquina, si está disponible ó altera ligeramente el programa, si la tarea en cuestión es urgente y no hay ninguna máquina ociosa en ese momento.

#### **Inconvenientes.**

- No existe ningún conducto mecánico definitivo por el cuál tenga que circular el trabajo. Se tropieza con mayores dificultades para fijar las rutas y los programas.
- La separación de las operaciones y las mayores distancias que tienen que recorrer para el trabajo, dan como resultado más manipulación de materiales y costos más elevados. Se emplea más mano de obra.
- Es necesaria una atención minuciosa para coordinar la labor. La falta de un control mecánico sobre el orden de sucesión de las operaciones significa el empleo de órdenes de movimiento y la pérdida ó el retraso posible de trabajo al tenerse que desplazar de un departamento a otro.
- El tiempo total de fabricación es mayor debido a la necesidad de los transportes y porque el trabajo tienen que llevarse a un departamento antes de que sea necesario, con objeto de impedir que las máquinas tengan que pararse.
- Pueden acumularse cantidades de trabajo debido a la considerable anticipación en la entrega, a la detención para inspeccionar la labor después de su ejecución, a la espera de peones de movimiento que estén efectuando otros transportes, y al mismo tiempo necesarios para el traslado y las demoras consiguientes.
- La falta de disposiciones compactas de producción en línea y por lo general, el mayor esparcimiento entre las unidades del equipo en departamento separados, significa más superficie ocupada por la unidad de producto.
- Son necesarias más inspecciones compactas de producción en línea y por lo general, el mayor esparcimiento entre las unidades del equipo en departamento separados, significa más superficie ocupada por la unidad de producto.
- Sistemas de control de producción mucho más complicado y falta de un control visual.
- Se necesita más instrucciones y entrenamiento para acoplar a los operarios a sus respectivas tareas. A menudo hay que instruir a los operarios en un oficio determinado.

Este tipo de distribución es recomendable en los siguientes casos:

- Cuando la maquinaria es costosa y no puede moverse fácilmente.
- Cuando se fabrican productos similares pero no idénticos.
- Cuando varían notablemente los tiempos de las distintas operaciones.
- Cuando se tiene una demanda pequeña o intermitente.



## DISPOSICIÓN POR PRODUCTO O EN LÍNEA

Llamada también distribución del taller de flujos.

Vulgarmente denominada "Producción en cadena". En este caso, toda la maquinaria y equipos necesarios para fabricar determinado producto se agrupan en una misma zona y se ordenan de acuerdo con el proceso de fabricación. Se emplea principalmente en los casos en que exista una elevada demanda de uno ó varios productos más o menos normalizados.

Ejemplos típicos son el embotellado de gaseosas, el montaje de automóviles y el enlatado de conservas.

### Ventajas:

- El trabajo se mueve siguiendo rutas mecánicas directas, lo que hace que sean menores los retrasos en la fabricación.
- Menos manipulación de materiales debido a que el recorrido a la labor es más corto sobre una serie de máquinas sucesivas, contiguas ó puestos de trabajo adyacentes.
- Estrecha coordinación de la fabricación debido al orden definido de las operaciones sobre máquinas contiguas. Menos probabilidades de que se pierdan materiales o que se produzcan retrasos de fabricación.
- Tiempo total de producción menor. Se evitan las demoras entre máquinas.
- Menores cantidades de trabajo en curso, poca acumulación de materiales en las diferentes operaciones y en el tránsito entre éstas.
- Menor superficie de suelo ocupado por unidad de producto debido a la concentración de la fabricación.
- Cantidad limitada de inspección, quizá solamente una antes de que el producto entre en la línea, otra después que salga de ella y poca inspección entre ambos puntos.
- Control de producción muy simplificado. El control visual reemplaza a gran parte del trabajo de papeleo. Menos impresos y registros utilizados. La labor se comprueba a la entrada a la línea de producción y a su salida. Pocas órdenes de trabajo, pocos boletos de inspección, pocas órdenes de movimiento, etc. menos contabilidad y costos administrativos más bajos.
- Se obtiene una mejor utilización de la mano de obra debido a: que existe mayor especialización del trabajo. Que es más fácil adiestrarlo. Que se tiene mayor afluencia de mano de obra ya que se pueden emplear trabajadores especializados y no especializados.

### Inconvenientes.

- Elevada inversión en máquinas debido a sus duplicidades en diversas líneas de producción.
- Considerable ociosidad en las máquinas si una o más líneas de producción.
- Menos flexibilidad en la ejecución del trabajo porque las tareas no pueden asignarse a otras máquinas similares, como en la disposición por proceso.
- Menos pericia en los operarios. Cada uno aprende un trabajo en una máquina determinada o en un puesto que a menudo consiste en máquinas automáticas que el operario sólo tiene que alimentar.
- La inspección no es muy eficiente. Los inspectores regulan el trabajo en una serie de máquinas diferentes y no se hacen muy expertos en la labor de ninguna clase de ellas; que implica conocer su preparación, las velocidades, las alimentaciones, los límites posibles de su trabajo, etc. Sin embargo, puesto que las máquinas son preparadas para trabajar con operarios expertos en ésta labor, la inspección, aunque abarca una serie de máquinas diferentes puede esperarse razonablemente que sea tan eficiente como si abarcara solo una clase.
- Los costos de fabricación pueden mostrar tendencia a ser más altos, aunque los de mano de obra por unidad, quizás sean más bajos debido a los gastos generales elevados en la línea de producción. Gastos especialmente altos por unidad cuando las líneas trabajan con poca carga ó están ocasionalmente ociosas.
- Peligro que se pare toda la línea de producción si una máquina sufre una avería. A menos de que haya varias máquinas de una misma clase: son necesarias reservas de máquina de reemplazo o que se hagan reparaciones urgentes inmediatas para que el trabajo no se interrumpa.

Este tipo de distribución es recomendable en los siguientes casos:

- Cuando se fabrique una pequeña variedad de piezas o productos.
- Cuando difícilmente se varía el diseño del producto.
- Cuando la demanda es constante y se tiene altos volúmenes.
- Cuando es fácil balancear las operaciones.

## ANEXO 2

### Hoja de Calidad del Producto



## Proteína de Suero al 34%

### Whey Protein Concentrate

Concentrado de proteína de suero de leche al 34 % m/m, obtenido por medio de ultrafiltración, evaporación y secado de suero dulce de leche, previamente centrifugado, filtrado y pasteurizado.

El concentrado de suero al 34 % se establece como un producto hecho para un gran rango de aplicaciones en la industria alimenticia, siendo a la vez un producto de gran valor nutricional y con características de emulsificación y gelación excelentes. Así también el producto es altamente soluble en distintos rangos de pH.

### Aplicación Industrial:

El concentrado de proteína de leche al 34 % m/m puede utilizarse para varios procesos como en la elaboración de alimentos para bebe, productos de confitería y panadería, usos funcionales como fortalecimiento de sopas, bebidas, golosinas, salsas, postres lácteos, alimentos nutritivos, yogur y suplementos nutritivos con proteínas.

### *Características Técnicas de calidad del WPC 34% m/m*

<b>Característica</b>	<b>Descripción</b>
<b>Solubilidad</b>	El producto se disuelve dentro de un amplio margen de pH. Esto se logra controlando cuidadosamente el procesamiento para garantizar una desnaturalización mínima de la proteína.
<b>Emulsificación</b>	El producto WPC 34 % m/m contiene grupos tanto hidrofílicos como hidrofóbicos en cada molécula. Eso permite que la proteína de suero de leche muestre excelente actividad en la superficie y propiedades estabilizadoras de las emulsiones.
<b>Espuma</b>	Las propiedades de la actividad en la superficie de la proteína de suero de leche son importantes. Estas migran a la zona de contacto del agua y el aire, desarrollan y ayudan en la creación y la estabilización de espuma cuando se añade suficiente aire y energía al sistema.
<b>Cuajado y Gelificación por Calor</b>	Las proteínas de suero WPC 34 % m/m, consisten en agregados pequeños y compactos de moléculas de proteínas de suero de leche. Al agregarles calor, estas moléculas se desarrollan y reposicionan. Esta acción aumenta las habilidades de aglutinación del agua, viscosidad y gelificación de la proteína de suero de leche.
<b>Tamaño de Partícula</b>	



## Proteína de Suero al 34%

Whey Protein Concentrate

### Composición Típica del Producto Final

Composición	% m/m
Humedad	2.00
Proteína	34.00
Grasa	1.00
Lactosa	60.50
Minerales	2.60

### Características Organolépticas

Característica	
Color	Crema
Sabor	Insaboro
Olor	Inodoro
Tamaño de Partícula	(1-25 µm)

### Análisis de estimación Microbiológica

Análisis	Rango
Coniformes	No Detectado
E.Coli (1gr)	No detectado
Mohos y Levaduras (1g)	<10
Salmonella	Ausente
Listeria	Ausente
Conteo de Bacterias Aeróbicas (ufc/gr)	<30,000

### Manejo y Almacenamiento

El producto debe ser mantenido en un lugar templado, seco y ventilado. La temperatura del lugar donde se almacene el producto debe de mantenerse debajo de los 25°C y una humedad relativa debajo de 65%. Es importante que el ambiente donde se almacene el producto este libre de sustancias volátiles con olores impregnantes. Los sacos deben de ser entarimados y no tener contacto con el piso ni paredes. El producto debe ser usado preferiblemente antes de 12 meses después de manufacturado. Esto garantizará la vida adecuada del producto

### Presentación Comercial:

Sacos de polipropileno, con cubierta exterior de papel tipo Kraft de dos capas para evitar el paso de la humedad y evitar rupturas por manejo inadecuado, impreso con el logo de la empresa y las especificaciones del producto. Los sacos a utilizar son de 25 kg (55.12 lb).



## ANEXO 3 CÁLCULOS PARA DIMENSIONAR EL EQUIPO

### Cálculos para Dimensionar el Equipo

#### E6-E24 Tanque de Recepción tipo Báscula

Capacidad de Pesado = 20,000 kg

Densidad del Suero = 0.99 g/mL (Nasanovski 2001)

**Cantidad de Kilos a Procesar Diariamente:**

12,504 kg/ día

**Cantidad de Litros a Procesar Diariamente:**

12,504 kg/día \* 1L/0.99 kg = 12,630.30 L/día

**Cantidad de Galones a Procesar Diariamente:**

12,630.30 L/día \* 1 gal / 3.785 L = 3,336.85 gal/ día

**Cantidad de m<sup>3</sup> a Procesar Diariamente (Volumen):** (McCabe,2002 )

12.62 m<sup>3</sup>/ día

**Sobredimensionamiento del 30 %:**

12.62 m<sup>3</sup>/día \* 30% = 16.40 m<sup>3</sup>/día

**Dimensiones del Tanque de Recepción:**

**Altura del Tanque:**

**h= 2D**

**Volumen del Tanque:**

**V=  $\pi D^2 h / 4$**

**D= 2.18 m**

**H= 2 (2.18)= 4.36 m**

**Las dimensiones del tanque de recepción enchaquetado deben ser las siguientes:**

*Altura (h) = 4.36 m*

*Diámetro = 2.18 m*

El suero que es transportado en el camión viene a una temperatura de 4 °C.-

#### **E-10 Almacenamiento de la Crema**

La cantidad de crema que se desecha por hora es de:

Densidad de la crema = 0.9931 kg/L

78 kg/h

Esto hace un total de 624 kg/día de Crema o 628.33 L/día

Este producto será almacenado en el cuarto frío de la compañía en 3 toneles de 220 L cada uno y posteriormente vendido a otros productores.

## E-17 Tanque de Permeado

Cantidad de kilos desechados como permeado diariamente, según Mc Cabe et al (2002)

10,680 kg/día

Cantidad de Litros desechados como permeado diariamente:

10,787.87 L/día

Cantidad de Galones desechados como Perneado diariamente:

2,850.16 gal/día

Cantidad de m<sup>3</sup> a Procesar Diariamente (Volumen):

10.78 m<sup>3</sup>/ día

Sobredimensionamiento del 30 %:

10.78 m<sup>3</sup>/día \* 30% = 14.014 m<sup>3</sup>/día

Dimensiones del Tanque de Recepción de Permeado:

Altura del Tanque:

$h = 2D$

Volumen del Tanque:

$V = \pi D^2 h / 4$

$D = 2.07 \text{ m}$

$H = 2 (2.07) = 4.14 \text{ m}$

Las dimensiones del tanque de recepción de Perneado deben ser:

Altura (h) = 4.14 m

Diámetro (D) = 2.07m

## E-19 Tanque de Evaporación (1) etapa

**Nota: dimensiones de los tanques de Evaporación (3)**

Las dimensiones del tanque de evaporación es de:

Altura (h) = 2 m

Diámetro (D) = 1 m

## E-11 Pasteurizador

- Sistema de Pasteurización HTST, diseñado para efectuar el siguiente trabajo:

**Calentamiento:**

Fuente: (Perry et al (1998))

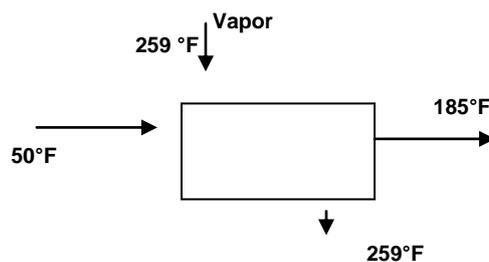


Tabla. Datos de los Fluidos:

PROPIEDAD	SUERO	CONDENSADO	UNIDADES
$\kappa$	0.250	0.396	Btu/h-°F-ft
$C_p$	0.853		Btu/Lb °F
$\rho$	64.92	58.51	Lb/ ft <sup>3</sup>
$U$	1.022	0.528	Lb/ft h
$\gamma$		1116.86	Btu/Lb

Tabla. Datos de las Tuberías:

Medida	Suero	Condensado
$D_i$	1.99 " (0.167")	3.73" (0.311")
$D_o$	2.0 " (0.166")	4.00"
$A$	0.0216 ft <sup>2</sup>	0.0543 ft <sup>2</sup>
$D_e$	1.99" (0.166)	4.95 (0.4132)

Base: 1578 L/hr = 55.72 ft<sup>3</sup> y 8 horas de operación diarias, para los cálculos se utilizó vapor a 20 psig (34.5 psia):

$$T_{ca} = 50^\circ\text{F} \quad T_{ha} = 259^\circ\text{F} \quad DT_1 = T_{ha} - T_{cb} = 259 - 185 = 74^\circ\text{F}$$

$$T_{cb} = 185^\circ\text{F} \quad T_{hb} = 259^\circ\text{F} \quad DT_2 = T_{hb} - T_{ca} = 259 - 50 = 209^\circ\text{F}$$

- **Temperatura media Logarítmica:**

$$T = \frac{DT_2 - DT_1}{\ln(DT_2/DT_1)} = \frac{209 - 74}{\ln(209/74)} = 131.06^\circ\text{F}$$

**SI= 55.03 °C**

- **Calor Requerido:**

$$Q_{\text{suero}} = m C_p (T_{cb} - T_{ca}) = 3,271.65 \text{ Lb/h} * (0.85 \text{ btu /Lb}^\circ\text{F}) * (185 - 50) =$$

$$Q_{\text{suero}} = 375,421.83 \text{ Btu/h}$$

$$Q_{\text{vapor}} = 375,421.83 / 0.92 = 408,067.20 \text{ Btu/h}$$

**SI=430,535.38 kJ/h**

- **Cantidad de Vapor Necesaria:**

$$W_{\text{vapor}} = Q_{\text{vapor}} / \Gamma = 408,067 \text{ Btu/h} / 1166.85 \text{ Btu/Lb} = \mathbf{349.71 \text{ Lb /h}}$$

**SI= 158.95 Kg/h**

- **Coeficiente Individual de Transferencia de Calor (hi):**

$$G = m/A = 3271.65 / 0.0216 = 151,465.27 \text{ Lb/ h ft}^2$$

$$Re_i = D_i * G / \mu = 0.167 * 151,465.27 / 1.022 = 24,750.19$$

$$JH = (h_i / C_p * G) (C_p * u/k) (\mu_w/u) = 0.0035 \text{ Según gráfica Anexo (Factor de Colburn)}$$

Despejando  $H_i$  de la ecuación=

$$\mathbf{H_i = 215.33 \text{ Btu/ ft}^2 \text{ h } ^\circ\text{F}}$$

$$\mathbf{SI = 372.33 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

$$H_{io} = h_i * D_i / D_o = 214.25 \text{ Btu/ ft}^2 \text{ h}^\circ\text{F}$$

- **Coeficiente individual de transferencia de calor externo:**

$$\mathbf{H_o = 2060.00 \text{ Btu / ft}^2 \text{ h } ^\circ\text{F}}$$

$$\mathbf{SI = 3,565.30 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

- **Coeficiente global de Transferencia de Calor (U)**

$$U = h_{io} * h_o / h_i + h_o = 214.25 * 2060.00 / 215.33 + 2060.00 =$$

$$\mathbf{U = 193.97 \text{ Btu/ ft}^2 \text{ h } ^\circ\text{F}}$$

$$\mathbf{SI = 335.70 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

- **Área de Transferencia de Calor y Número de Pasos:**

$$A_{\text{tubo}} = 4.71 \text{ ft}^2$$

$$A_{\text{total}} = Q_{\text{vapor}} / U * \Delta T_{lm} = 408,067.20 / 193.97 * 131.06 =$$

$$\mathbf{A_{\text{total}} = 16.05 \text{ ft}^2}$$

$$\mathbf{SI = 1.49 \text{ m}^2}$$

$$\text{No. Pasos} = 16.05 / 4.71 = 3 \text{ pasos}$$

## Enfriamiento:

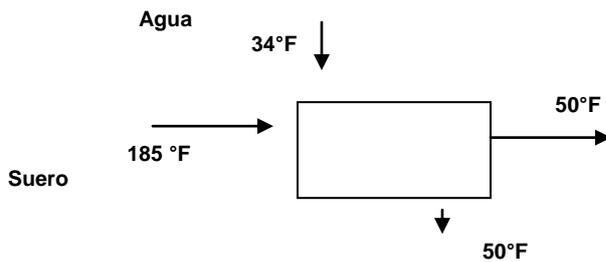


Tabla. Datos de los Fluidos:

PROPIEDAD	SUERO	CONDENSADO	UNIDADES
$\kappa$	0.418	0.326	Btu/h-°F-ft
$C_p$	1.040	1	Btu/Lb °F
$\rho$	63.41	62.43	Lb/ ft <sup>3</sup>
$U$	1.7	3.676	Lb/ft h
$\gamma$		1068.36	Btu/Lb

Base: 1578 L/h = 55.72 ft<sup>3</sup> y 8 horas de operación diarias, para los cálculos se utilizó vapor a 20 psig (34.5 psia):

$$T_{ca} = 34 \text{ °F} \quad T_{ha} = 185 \text{ °F} \quad DT_1 = T_{ha} - T_{cb} = 185 - 50 = 135 \text{ °F}$$

$$T_{cb} = 50 \text{ °F} \quad T_{hb} = 40 \text{ °F} \quad DT_2 = T_{hb} - T_{ca} = 40 - 34 = 6 \text{ °F}$$

### Temperatura media Logarítmica:(Perry,1998)

$$T = \frac{DT_1 - DT_2}{\ln(DT_1/DT_2)} = \frac{135 - 6}{\ln(135/6)} = 31.13 \text{ °F} = -0.41 \text{ °C}$$

- **Calor Requerido:**

$$Q_{\text{suero}} = m C_p (T_{cb} - T_{ca}) = 3,271.65 \text{ Lb/h} * (1.040 \text{ btu /Lb}^\circ\text{F}) * (185 - 40) = 493,334.66 \text{ Btu /h}$$

$$Q_{\text{suero}} = 493,334.66 \text{ Btu/h}$$

$$SI = 520,497.66 \text{ kJ/h}$$

- Cantidad de Agua Requerida:

$$W_{\text{agua}} = Q_{\text{suero}} / C_p DT = 493,334.66 \text{ Btu/h} / 1 (50 - 34) \text{ °F}$$

$$W_{\text{agua}} = 30,833.41 \text{ Lb/h} =$$

$$SI = 13,985.8 \text{ kg/h}$$

- **Coeficiente Individual de Transferencia de Calor (hi):**

$$G = m/A = 3271.65 / 0.0216 = 151,465.27 \text{ Lb/ h ft}^2$$

$$Re_i = D_i * G / \mu = 0.167 * 151,465.27 / 1.70 = 14,879.23$$

$$JH = (h_i / C_p * G) (C_p * \mu / k) ( \mu / \mu_w ) = 0.0038$$

Según gráfica Anexo (Factor de Colburn)

$$\text{Despejando } H_i \text{ de la ecuación} = 231.11$$

$$H_i = 231.11 \text{ Btu/ft}^2 \text{ h}^\circ\text{F}$$

$$H_{io} = h_i \cdot D_i/D_o = 229.95 \text{ Btu/ft}^2 \text{ h}^\circ\text{F}$$

$$SI = 397.98 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

- **Coeficiente individual de transferencia de calor externo ho:**

$$G = m/A = 30,833.41 \text{ Lb/h} / 0.0543 = 567,834.55 \text{ Lb/h ft}^2$$

$$Re_i = D_i \cdot G / \mu = 0.4132 \cdot 567,834.55 / 3.676 = 63,827.32$$

$$JH = (h_o / C_p \cdot G) (C_p \cdot \mu / k) (\mu_w / \mu) = 0.0036 \text{ Según gr\u00e1fica Anexo (Factor de Colburn)}$$

$$\text{Despejando } H_o \text{ de la ecuaci\u00f3n} = 231.11$$

$$H_o = 413.80 \text{ Btu/ft}^2 \text{ h}^\circ\text{F}$$

$$SI = 716.17 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

- **Coeficiente global de Transferencia de Calor (U)=**

$$U = h_{io} \cdot h_o / h_i + h_o = 229.95 \cdot 413.80 / 231.11 + 413.80 =$$

$$U = 147.54 \text{ Btu/ft}^2 \text{ h}^\circ\text{F}$$

$$SI = 255.35 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

- **\u00c1rea de Transferencia de Calor y N\u00famero de Pasos:**

$$A_{\text{tubo}} = 4.71 \text{ ft}^2$$

$$A_{\text{total}} = Q_{\text{suero}} / U \cdot \Delta T_{lm} = 493334 / 147.54 \cdot 31.13 =$$

$$A_{\text{total}} = 107.41 \text{ ft}^2$$

$$SI = 9.97 \text{ m}^2$$

$$\text{No. Pasos} = 23.74 / 4.71 = 5.04 \text{ pasos.}$$

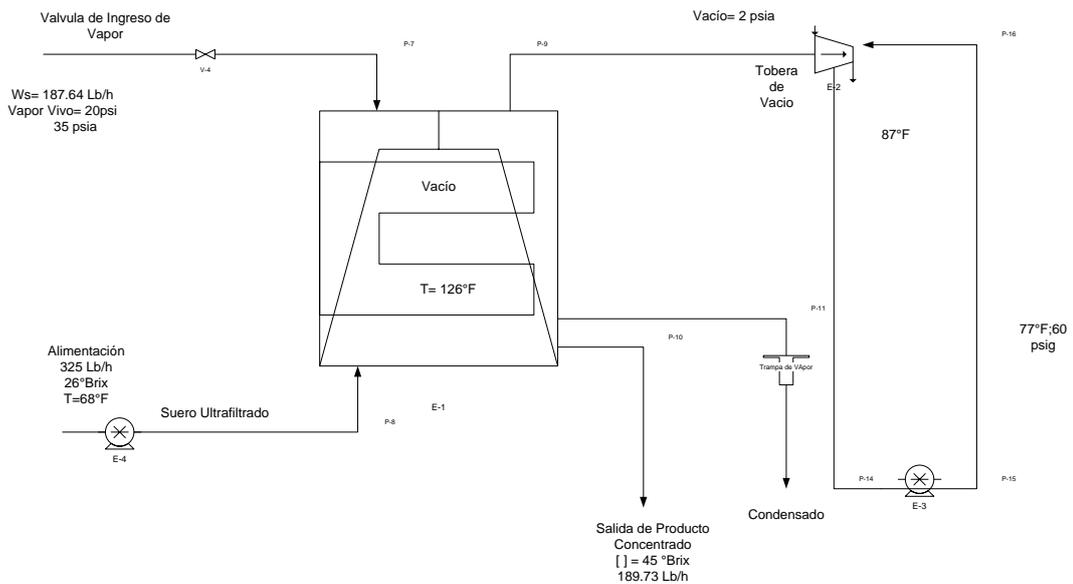
## E-19 Evaporador

Tanques de Evaporación

### Dimensiones de los tanques de Evaporación

Altura (h) = 2 m  
Diámetro (D) = 1 m

### DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE VAPOR NECESARIA PARA FUNCIONAMIENTO:



Material	Temperatura °F	$\Delta H$ Evap Btu/lb	Btu/h
Alimentación	68		
Vapor Calentante	259	939	
Licor	156		
Vapor al Condensador	126	1022	139,162

#### Vapor Vivo:

$$Q = mC_p \Delta t + m \Delta H \text{ evap}$$

$$Q = 325.87 * 1 * (156-68) + 136.14 * 1022.2$$

$$Q = 167839 \text{ Btu/h}$$

$$SI = 177,080.21 \text{ kJ/h}$$

#### Vapor Caliente

$$W_s = 176231 / 939.2 = 187.64 \text{ lb/h}$$

$$SI = 85.29 \text{ kg/h}$$

#### Agua al condensador

$$VH_v + W_1 h W_1 = (W_1 + V) h W_2$$

$$136.14 + 45W = 55W + 7487 \text{ lb/h}$$

$$W_{\text{agua}} = 13167.43 \text{ Lb/h}$$

$$SI = 5985.19 \text{ kg/h}$$

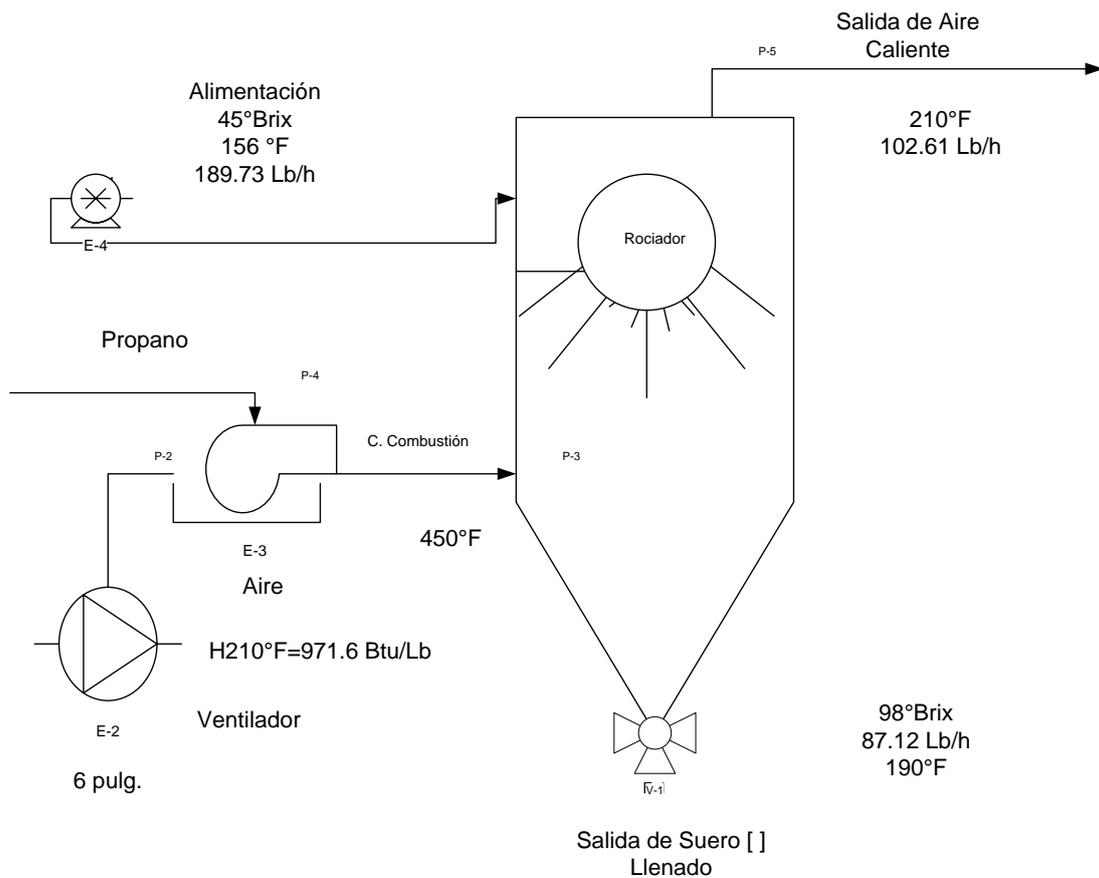
**Bomba del evaporador**

$$WHP = 13167.13 * 138.46 / 60 * 33000 = 0.92$$

$$BHP = WHP / 0.5 = 1.84HP = 2 HP$$

**E-20 y E-22 Secador Por Aspersión**

**DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE CALOR NECESARIA PARA FUNCIONAMIENTO:**



**Cálculos de Aire necesario para el funcionamiento del secador**

$$Q = 102.61 * 971.6 = 99,695.88 \text{ Btu/h}$$

$$Q_{\text{aire}} = 0.26 (m_a (450-210)^\circ\text{F})$$

$$99,695.88 * 1.08 = 0.26 m_a (240)$$

$$107,672 = 1725.5 \text{ Lb/h}$$

Calentar el aire = 59.5 mol aire/h

$$\rho_{\text{propano}} = 4.19 \text{ Lb/Gal}$$

$$SI = 1.90 \text{ kg/Gal}$$

$$Q_{\text{cal Aire}} = 0.26 * 1725 (45-77) = 167,290 \text{ Btu/h}$$

$$Q = 175,655 \text{ Btu/h}$$

$$W_{\text{propano}} = 175,655 / 21,560 = 8.15 \text{ Lb/h}$$

$$SI = 3.70 \text{ kg/h}$$

$$Q_{\text{propano}} = 8.15 \text{ Lb/h} / 4.19 \text{ Lb/gal} = 1.94 \text{ Gal/h}$$

### Volúmenes aire

$$V_{99C} = 59.5 * 459 * 210/32 * 30/30$$

$$V = 179,226 \text{ pie}^3/\text{h} = 5,075.00 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_{232C} = 384054 \text{ pie}^3/\text{h} = 10,875 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_{25C} = 6571 \text{ pie}^3/\text{h} = 186.06 \text{ m}^3/\text{h}$$

### Ventilador entrada

$$\text{AHP} = 0.000157 * 1.79/60 * 3 = 1.41 \text{ HP}$$

$$\text{BHP} = 1.41/0.5 = 2.82 = \mathbf{3HP}$$

### Ventilador salida

$$\text{AHP} = 1.032 \text{ HP}$$

$$\text{BHP} = 1.032 / 0.5 = \mathbf{2HP}$$

## Bombas (B-1 a B-6)

Selección de Bombas de Proceso y Cálculos de las mismas:

BOMBA	Tipo	FLUJO	PROCESO	WHP	BHP	HP
Centrífuga	E-7	1562 kg/h	Trasiego Cisterna	0.24	0.24/0.5	1
Centrífuga	E-8	1562 kg/h	Trasiego a Centrífugadora	0.24	0.24/0.5	1
Centrífuga	E-12	1484 kg/h	Trasiego a Pasteurizador	0.22	0.22/0.5	0.5
Centrífuga	P-31	1484.3 kg/h	Trasiego a Ultrafiltrador	0.22	0.22/0.5	0.5
Centrífuga	E-25	148 kg/h	Trasiego a Evaporador	0.002	0.004	0.1
Centrífuga	E-18	1336 kg/h	Trasiego de Permeado	0.002	0.004	0.1
Desp. Positivo	E-26	86.3 kg/h	Trasiego a Secador	0.002	0.004	0.1HP

Formula para trabajar las bombas

$$\text{Suero a } 60 \text{ psi} = 60 * 144 = 8,640 \text{ Lb/pie}^2$$

$$\Delta H = 8640 \text{ lb/pie}^2 / 62.4 \text{ Lb/pie}^3 = 138.46 \text{ pie}$$

$$\text{SI} = 42.20 \text{ m}$$

$$\text{WHP} = 3436 \text{ lb/h} * 138.46 / 60 * 3300 = 0.24$$

$$\text{BHP} = \text{WHP} / 0.5 = 1 \text{ HP}$$

## E-13. Cantidad de Vapor necesaria de la caldera

PROCESO	VAPOR REQUERIDO (kg/h)	VAPOR REQUERIDO (Lb/h)
Pasteurización	158.95	349.71
Evaporación	85.29	187.64
<b>TOTAL</b>	<b>244.24</b>	<b>537.35</b>

Caldera que proporcione 537 Lb/h = 15.57 BHP, usando una caldera con un exceso se seleccionó una caldera de 20 BHP.

Gasto de combustible de la caldera de 20 BHP = 1.32 Gal/h.

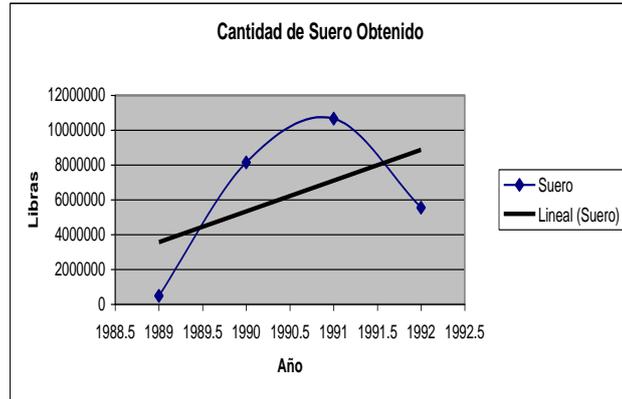
Galones de Diesel = 1.32 Gal/h \* 8 h/día = 10.56 Gal/día

## Consumo de Energía Eléctrica

EQUIPO	UNIDADES	HP*h	TOTAL HP	kW*h
Bomba de Descarga	1	1	1	0.7457
Bomba Centrífuga a Descremadora	1	1	1	0.7457
Descremadora	1	3	3	2.23
Bomba Centrífuga a Pateurizador	1	0.5	0.5	0.372
Bomba a Tanque de Permeado	1	0.5	0.5	0.372
Bomba a Evaporador	1	0.5	0.5	0.372
Bomba a Secador	1	0.5	0.5	0.372
Ventilador	2	5	5	3.72
Bomba de Agua Cond. Barométrico	1	2	2	1.49
<b>TOTAL</b>			<b>14</b>	<b>10.4194</b>

## ANEXO 4 VOLUMEN ANUAL DE SUERO DESECHADO

Año	Suero	
	lb	kg
1989	485,112	220505.4545
1990	8,150,816	3704916.364
1991	10,667,669	4848940.455
1992	5,547,879	2521763.182
<b>x media</b>	<b>8122121.333</b>	<b>3691873.333</b>



Cantidad Anual		TONELADAS	CAMIONES
Litros Suero			
Kilos de Suero	<b>3,691,873.00</b>	3691.873	185

Litros de Suero=	2,491,126	Anual
Kilos de Suero =	3,691,873.33	Anual

Cantidad Anual	Cantidad a Procesar	0.7	80%	TONELADAS	CAMIONES	Camiones
Litros Suero	70% Producción Tot				20 ton	10 Ton
Kilos de Suero	<b>3,691,873.00</b>	690,380	3,001,492.75	3001.492749	150	300

*Cantidad de Suero que se podría procesar Anual, Mensual, y Diariamente en la Línea de producción*

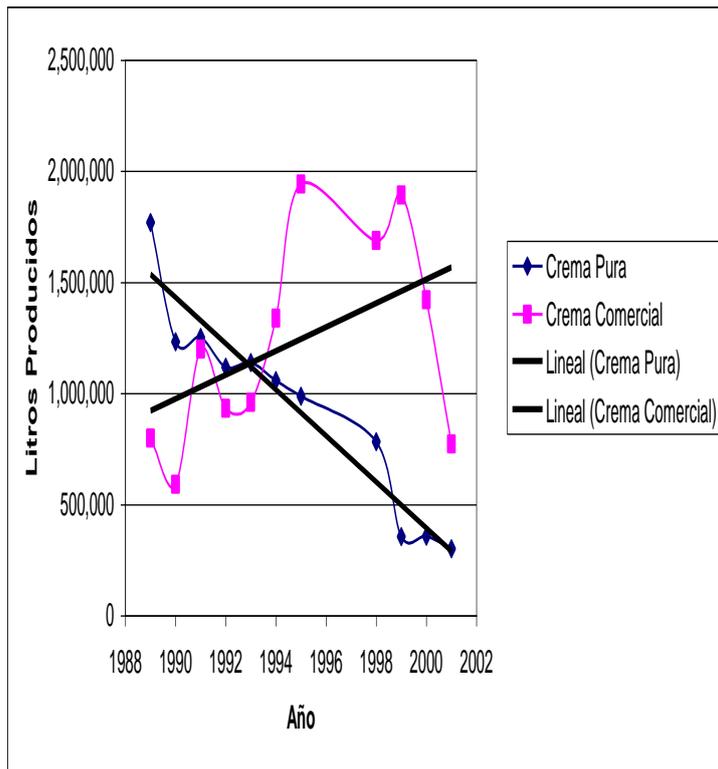
	Anual	Diario	Por Hora	Mensual
Litros Suero				
Kilos de Suero	3,001,492.75	12506.21979	1563	250124.3958

Turno de 8 Horas  
Semana Laboral de Lunes a Viernes

## ANEXO 5

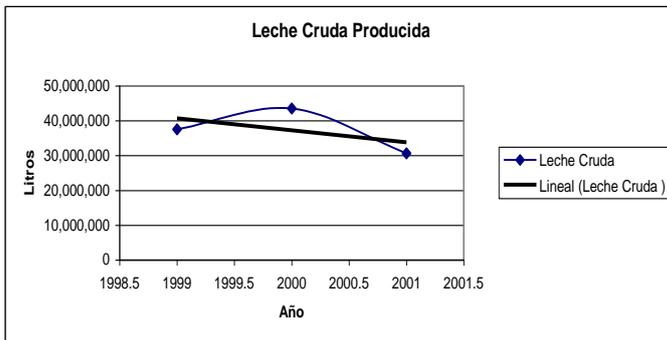
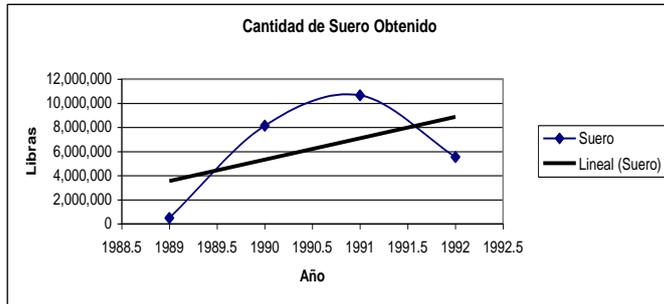
Graficas de Producción de Leche y Derivados  
Instituto Nacional de Estadística ( INE )

Grafica 1.1 Productos y subproductos Lácteos Obtenidos en las paturizadoras de la República según el año-  
Crema Pura y Comercial



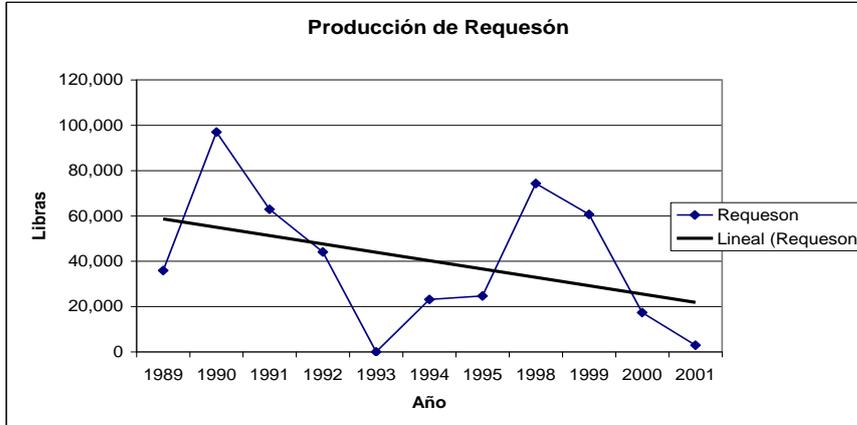
	<b>PURA</b>	<b>COMERCIAL</b>
Año	Litros	Litros
1989	1,769,889	799,797
1990	1,232,775	590,163
1991	1,252,590	1,200,557
1992	1,118,243	932,796
1993	1,139,545	960,201
1994	1,059,093	1,339,223
1995	988,624	1,941,789
1998	783,636	1,687,747
1999	356,902	1,892,411
2000	358,713	1,421,285
2001	300,866	773,584

**Gráfica 1.5 Cantidad de suero y Leche Obtenidos en las Pasteurizadoras de la República según años Leche y Suero de Leche**



	Suero	Leche
Año	Lb	L
1985		37,478,683
1986		40,309,991
1987		45,638,110
1988		46,856,874
1989	485,112	
1990	8,150,816	44,293,086
1991	10,667,669	41,059,255
1992	5,547,879	
1993	ni	
1994	ni	
1995	ni	35,859,653
1998	ni	
1999	ni	37,525,028
2000	ni	43,559,174
2001	ni	30,632,842
2002	ni	31,599,131
2003	ni	
2004	ni	33,301,392
2005	ni	32,857,826

**Gráfica 1.4 Productos y subproductos Lácteos Obtenidos en las pateurizadoras de la República según el año- Requesón**



Año	Requeson
	Lb
1989	35,902
1990	96,948
1991	62,888
1992	44,101
1993	0
1994	23,111
1995	24,654
1998	74,313
1999	60,656
2000	17,338
2001	2,900

CUADRO II - 5.1

LECHE FRESCA ENTERA: MOVIMIENTO EN LAS PASTEURIZADORAS DE LA REPUBLICA  
SEGÚN MES. AÑO 2000  
(Litros)

Mes	Existencia Primer día del año y mes	Ingresada	Egresada				Existencias último día del año y mes
			Total	Ventas Al Público sin Pasteurizar	Pérdidas	Procesada	
Total	94,618	43,559,174	43,608,870	32,880	169,410	43,406,580	44,922
Enero	94,618	3,001,306	2,991,115	7,600	7,609	2,975,906	104,809
Febrero	104,809	2,948,380	2,961,635	7,200	8,017	2,946,418	91,554
Marzo	91,554	3,349,817	3,365,729	3,600	9,320	3,352,809	75,642
Abril	75,642	3,379,793	3,394,911	3,200	8,728	3,382,983	60,524
Mayo	60,524	3,910,154	3,930,504	3,200	9,938	3,917,366	40,174
Junio	40,174	4,187,799	4,190,315	3,300	11,819	4,175,196	37,658
Julio	37,658	4,017,280	4,002,308	1,760	9,984	3,990,564	52,630
Agosto	52,630	3,923,051	3,935,289	2,030	9,814	3,923,445	40,392
Septiembre	40,392	3,672,991	3,675,371	220	8,967	3,666,184	38,012
Octubre	38,012	3,703,607	3,700,630	240	35,144	3,665,246	40,989
Noviembre	40,989	3,871,186	3,876,192	270	24,208	3,851,714	35,983
Diciembre	35,983	3,593,810	3,584,871	260	25,862	3,558,749	44,922



Instituto Nacional de Estadística

CUADRO III - 3.1

LECHE FRESCA ENTERA: MOVIMIENTO EN LAS PASTEURIZADORAS DE LA REPUBLICA  
SEGÚN MES. AÑO 2002  
(Litros)

Mes	Existencia Primer día del año y mes	Ingresada	Egresada				Existencias último día del año y mes
			Total	Ventas Al Público sin Pasteurizar	Pérdidas	Procesada	
Total	41,812	31,589,733	31,599,131	7,117	134,089	31,457,925	32,414
Enero	41,812	2,539,822	2,539,380	106	14,492	2,524,782	42,254
Febrero	42,254	2,160,869	2,161,022	-	9,749	2,151,273	42,101
Marzo	42,101	2,395,563	2,279,898	30	9,509	2,270,359	157,766
Abril	157,766	2,527,220	2,657,487	-	15,180	2,642,307	27,499
Mayo	27,499	2,510,689	2,492,208	-	10,065	2,482,143	45,980
Junio	45,980	2,882,525	2,894,815	-	11,302	2,883,513	33,690
Julio	33,690	3,110,726	3,107,043	-	14,432	3,092,611	37,373
Agosto	37,373	2,918,718	2,932,712	-	9,238	2,923,474	23,379
Septiembre	23,379	2,652,578	2,645,513	-	10,708	2,634,805	30,444
Octubre	30,444	2,788,783	2,795,327	6,981	7,320	2,781,026	23,900
Noviembre	23,900	2,508,877	2,510,359	-	10,763	2,499,596	22,418
Diciembre	22,418	2,593,363	2,583,367	-	11,331	2,572,036	32,414



CUADRO III - 3.1

LECHE FRESCA ENTERA: MOVIMIENTO EN LAS PASTEURIZADORAS DE LA REPUBLICA  
SEGÚN MES. AÑO 2004  
(Litros)

Mes	Existencia Primer día del año y mes	Ingresada	Egresada				Existencias último día del año y mes
			Total	Ventas Al Público sin Pasteurizar	Pérdidas	Procesada	
<b>Total</b>	26,860	33,307,140	33,301,392	-	147,975	33,153,417	32,608
Enero	26,860	2,734,513	2,729,678	-	11,686	2,717,992	31,695
Febrero	31,695	2,590,145	2,569,834	-	11,376	2,558,458	52,006
Marzo	52,006	2,700,017	2,703,366	-	12,266	2,691,100	48,657
Abril	48,657	2,687,005	2,698,870	-	12,371	2,686,499	36,792
Mayo	36,792	2,894,147	2,881,566	-	12,378	2,869,188	49,373
Junio	49,373	2,982,019	2,977,195	-	12,478	2,964,717	54,197
Julio	54,197	3,158,560	3,178,020	-	12,818	3,165,202	34,737
Agosto	34,737	2,946,504	2,942,992	-	12,761	2,930,231	38,249
Septiembre	38,249	2,857,260	2,861,119	-	12,885	2,848,234	34,390
Octubre	34,390	2,534,627	2,538,498	-	12,684	2,525,814	30,519
Noviembre	30,519	2,566,857	2,567,306	-	12,011	2,555,295	30,070
Diciembre	30,070	2,655,486	2,652,948	-	12,261	2,640,687	32,608

CUADRO III - 3.1

LECHE FRESCA ENTERA: MOVIMIENTO EN LAS PASTEURIZADORAS DE LA REPUBLICA  
SEGÚN MES. AÑO 2005  
(Litros)

Mes	Existencia Primer día del año y mes	Ingresada	Egresada				Existencias último día del año y mes
			Total	Ventas Al Público sin Pasteurizar	Pérdidas	Procesada	
<b>Total</b>	32,608	32,865,094	32,857,826	-	161,885	32,695,941	39,876
Enero	32,608	2,607,428	2,599,575	-	11,328	2,588,247	40,461
Febrero	40,461	2,395,397	2,399,601	-	11,524	2,388,077	36,257
Marzo	36,257	2,654,345	2,654,426	-	12,804	2,641,622	36,176
Abril	36,176	2,677,118	2,681,374	-	13,005	2,668,369	31,920
Mayo	31,920	2,856,726	2,839,112	-	14,083	2,825,029	49,534
Junio	49,534	3,096,952	3,098,576	-	14,318	3,084,258	47,910
Julio	47,910	3,277,947	3,269,208	-	14,253	3,254,955	56,649
Agosto	56,649	3,166,261	3,177,628	-	14,269	3,163,359	45,282
Septiembre	45,282	3,001,905	3,001,050	-	14,085	2,986,965	46,137
Octubre	46,137	2,155,442	2,140,613	-	14,053	2,126,560	60,966
Noviembre	60,966	2,361,214	2,374,012	-	14,010	2,360,002	48,168
Diciembre	48,168	2,614,359	2,622,651	-	14,153	2,608,498	39,876

## ANEXO 6 Características del equipo

# MMS Ibérica

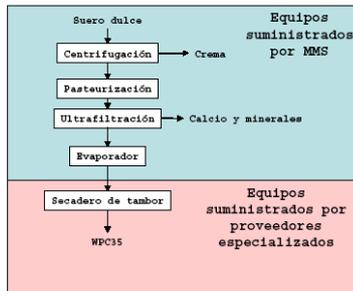
## Sistema de producción de concentrado de suero de leche WPC35

© MMS Ibérica  
Plaza Navas 12 Entlo 2a  
08004 Barcelona  
Fax: +34 93 424 27 57  
Tel: + 34 93 325 15 43  
[www.mmsiberica.com](http://www.mmsiberica.com)  
[info@mmsiberica.com](mailto:info@mmsiberica.com)

### Suero de Leche:

La mayor parte de los procesos de producción de la industria alimentaria se generan subproductos normalmente considerados como desechos. En los últimos años el incremento de las regulaciones medioambientales ha obligado a la industria alimentaria a reconsiderar la utilidad de estos subproductos.

El suero lácteo contiene cerca del 50% de los sólidos totales de la leche. Este contiene gran cantidad de lactosa, proteínas y minerales de alto valor. La industria del queso produce gran cantidad de suero que normalmente es considerado como desecho y que tratado correctamente puede ser una gran fuente de ingresos que justifiquen la inversión.



### Proceso:

El sistema MMS WPC35 tiene como objetivo la recuperación y transformación del suero lácteo procedente de la producción de queso.

En un primer paso el suero es centrifugado para retirar partículas y grasa. Tras la centrifugación y pasteurización el suero es concentrado mediante el sistema MMSUF, para obtener WPC35 simple ultrafiltración es utilizada. De esta etapa de proceso se obtienen dos corrientes, la primera de concentrado donde se encuentra la proteína del suero. La segunda es el permeado, esta corriente contiene la mayor parte de las sales.

La primera corriente es concentrada mediante el uso de un evaporador a baja temperatura. La etapa de evaporación concentra el suero hasta una concentración alrededor del 45% tras la cual se seca mediante el uso de secadero de tambor.

Algunos fabricantes prefieren evitar la etapa de secado y producir un suero líquido con una composición similar a la del WPC35 y unas propiedades parecidas a la leche desnatada y usado como sustituto de esta en la industria láctea.

En función de los requerimientos de cada cliente, MMS puede proporcionar tanto la totalidad de la planta llaves en mano o simplemente el sistema de filtración tangencial.



### Diseño Sanitario:

- Instrumentación, bombas y válvulas

MMS utiliza solamente componentes que han sido prediseñados con grado sanitario. Válvulas, bombas e instrumentación son elegidos según las especificaciones de cada cliente pero manteniendo siempre el balance entre coste y especificaciones sanitarias.

- Materiales

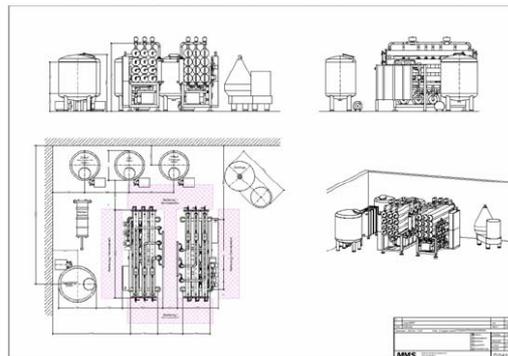
El acero inoxidable 316L es utilizado extensamente en la fabricación de equipos de proceso por su resistencia mecánica, excelente terminación y buena resistencia a los agentes ambientales y agentes de limpieza.

- Soldaduras

Una soldadura sanitaria deber elaborada bajo atmósfera inerte de argón, con pulido mecánico o electrolítico a fin de dejar una rugosidad superficial menor a 1 micrón. Con estos procedimiento se asegura una resistencia adecuada a los ataques corrosivos, y una superficie que se pueda limpiar y esterilizar en forma que se asegure la calidad bacteriológica del equipo y producto.

- Normas

Dentro del amplio espectro de normas para uniones sanitarias MMS se basa en la DIN 11851 y las FIL-IDF(ISO 2853), CLAMP(ISO 2852).



En rigor el diseño sanitario en teoría no debe influir sobre la calidad del producto, si no que preservar sus características al tomar contacto con el equipo. El diseño sanitario permite que el producto pase por muchas operaciones unitarias, sin que se vean afectadas sus características por el medio o proceso a que es sometido.

Un equipo se tiene que diseñar pensando en la compatibilidad equipo-producto pero también considerando cuál será el procedimiento de limpieza. En la práctica, no hay que pensar en un diseño aséptico, a no ser que se especifique de esa forma, sino que diseñar el sistema de proceso que permita mantener condiciones aceptables de carga bacteriana. Para conseguir aquel diseño sanitario, será necesario utilizar materiales de construcción inertes, con adecuada estabilidad y características mecánicas y con una terminación superficial acorde a las condiciones de proceso.

### Características de un equipo sanitario:

Un producto o equipo se considera sanitario si puede cumplir, desde el punto de vista de diseño, con cinco características:

- Todos los materiales en contacto con alimentos deben ser inertes frente a los mismos, en las condiciones de uso.
- Las superficies en contacto con alimentos deben ser lisas, pulidas, no porosas.
- Todas las superficies en contacto con los alimentos deben ser accesibles para su inspección.
- Todas las zonas interiores de los equipos en contacto con los alimentos deberán tener una disposición tal que permita el drenado total de los líquidos alimentarios.
- El equipo se diseñará para proteger de la contaminación exterior los alimentos que se procesan.

### Instrumentación, bombas y válvulas

MMS utiliza solamente componentes que han sido prediseñados con grado sanitario. Válvulas, bombas e instrumentación son elegidos según las especificaciones de cada cliente pero manteniendo siempre el balance entre coste y especificaciones sanitarias.

### Materiales

El acero inoxidable 316L es utilizado extensamente en la fabricación de equipos de proceso por su resistencia mecánica, excelente terminación y buena resistencia a los agentes ambientales y agentes de limpieza.

### Soldaduras

Una soldadura sanitaria deber elaborada bajo atmósfera inerte de argón, con pulido mecánico o electrolítico a fin de dejar una rugosidad superficial menor a 1 micrón. Con estos procedimiento se asegura una resistencia adecuada a los ataques corrosivos, y una superficie que se pueda limpiar y esterilizar en forma que se asegure la calidad bacteriológica del equipo y producto.

### Normas

Dentro del amplio espectro de normas para uniones sanitarias MMS se basa en la DIN 11851 y las FIL-IDF(ISO 2853), CLAMP(ISO 2852).



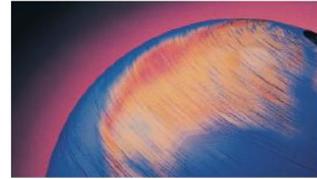
## Filtración por Membranas

**Osmosis Inversa, Nanofiltración,  
Ultrafiltración y Microfiltración**



**Tecnologías de punta. Soluciones Individuales.**

## Experiencia Global, Presencia Local



### Un Socio confiable

GEA Filtration forma parte del Grupo GEA, líder internacional en ingeniería de procesos, con más de 150 compañías operando en todo el mundo. Miembro de un equipo, conformado por empresas líderes en tecnología como Niro, Westfalia, Wiegand y Tuchenhagen especialistas en sistemas de procesamiento de polvos y líquidos, GEA Filtration está excepcionalmente posicionado para proveer tanto plantas de filtración por membranas construidas a la medida del comprador, como así también líneas completas de procesos especialmente ajustadas a los requerimientos y necesidades de cada cliente.



*Centro especializado en membranas, Huston, WI, USA*

## Una Trayectoria Reconocida

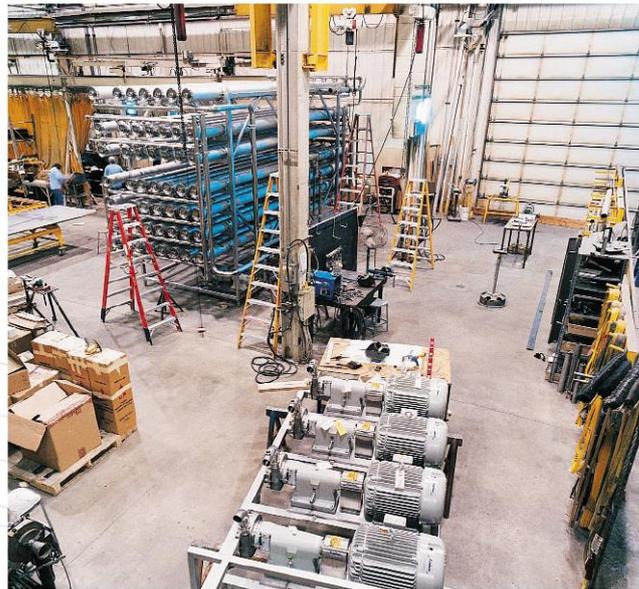
GEA Filtration es mundialmente reconocida por el diseño de los sistemas más avanzados en filtración por membranas. Con el propósito de focalizarnos eficientemente en el mercado de filtración por membranas, hemos establecido centros especializados en Estados Unidos y Dinamarca. Los equipos multidisciplinarios que se desempeñan en estos centros proveen los siguientes servicios:

- Ensayos pilotos y desarrollo de aplicaciones
- Adecuación de equipos por escalas
- Ingeniería de proyectos
- Integración de procesos
- Automatización y control
- Construcción de equipos
- Instalación de equipos y puesta en marcha
- Servicio y auditoría de plantas
- Stock permanente de membranas de repuesto

Además, el centro especializado en membranas ubicado en Hudson, Wisconsin (USA) es responsable del desarrollo de nuevos procesos y aplicaciones para satisfacer las necesidades actuales y futuras de la industria.

Esta capacidad permite hacernos cargo de todas las etapas de cualquier proyecto incluyendo el diseño, fabricación, instalación y puesta en marcha en forma segura y económica. Aún después de la puesta en marcha el staff de GEA Filtration continuará brindando un dedicado servicio de post-venta. Podemos prestar servicio globalmente a la industria con nuestra presencia local, garantizando la entrega en tiempo, de acuerdo a lo especificado, cumpliendo el presupuesto... y en forma personalizada.

Escuchar sus necesidades y expectativas y **comprenderlas** es la base de nuestro éxito. Nuestra experiencia, el acercamiento interactivo y un confiable proceso de calidad le dan al cliente un "valor-agregado", que se materializa en soluciones óptimas para que usted pueda destacarse en su mercado. Díganos sus necesidades y nosotros cuidaremos de los detalles...en cualquier lugar del mundo, obedeciendo las normas locales, nacionales e internacionales.



Construcción de módulos en planta propia, Huston, WI, USA

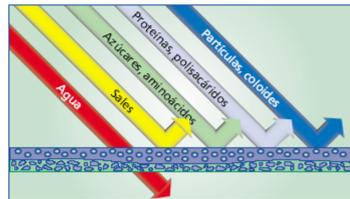


## Introducción a la Filtración por Membranas

La tecnología de filtración por membranas de flujo-cruzado está logrando rápida aceptación mundial como una importante etapa de producción en muchas líneas de procesos en la industria alimenticia, láctea, farmacéutica/biotecnológica, de jarabes y edulcorantes. La capacidad para producir separaciones muy específicas a baja o a temperatura ambiente, sin cambio de fase, en muchas aplicaciones, hace que la filtración por membranas sea superior a los métodos conven-

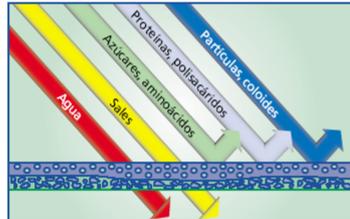
cionales, tales como la filtración rotativa al vacío o filtros prensa, siendo la solución óptima que brinda una mejor relación costo/eficiencia.

La filtración por membranas es una tecnología basada en la presión. Con una porosidad selectiva capaz de separar partículas de 5 micrones hasta un peso molecular de 100. Las tecnologías incluidas en filtración por membranas son:



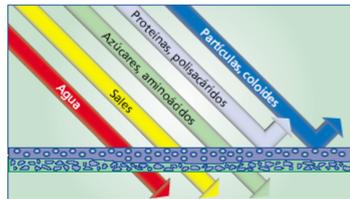
### Osmosis Inversa (RO)

Proceso de alta presión altamente utilizado como un método energéticamente eficiente para eliminar agua, concentrar compuestos de bajo peso molecular o purificar efluentes. Como aplicaciones comunes podemos mencionar la pre-concentración de lácteos o de alimentos líquidos previo a una evaporación, pulido de condensado de evaporador y purificación de agua de proceso.



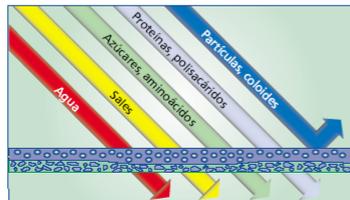
### Nanofiltración (NF)

Considerada como un proceso único entre la ultrafiltración y la ósmosis inversa, especialmente diseñada para conseguir separaciones específicas de compuestos de bajo peso molecular como azúcares, minerales disueltos y sales. Aplicaciones típicas incluyen de-salinización de productos lácteos, recuperación de proteínas hidrolizadas, concentración de azúcares y purificación de tinturas y pigmentos solubles.



### Ultrafiltración (UF)

Es un paso de separación selectiva usada tanto para concentrar como para purificar compuestos de medio y alto peso molecular como ser proteínas lácteas, carbohidratos, y enzimas. Como áreas comunes de aplicación podemos mencionar la concentración de proteínas de suero, de-salinización de gelatinas y concentración y clarificación de jugos frutales.



### Microfiltración (MF)

Este tipo de filtración trabaja a baja presión para separar partículas de alto peso molecular, coloides en suspensión o bien sólidos disueltos. Aplicaciones frecuentes incluyen la separación de células de extractos fermentados, fraccionamiento de proteínas de leche, clarificación de jarabe de maíz y la recuperación de químicos de lavado CIP.

## Amplia Variedad de Módulos – Diseños a Medida

GEA Filtration ofrece una amplia variedad de configuraciones de sistemas y tipos de membranas para permitir a todos los clientes la optimización de sus aplicaciones de separación. Esta variedad incluye membranas poliméricas e inorgánicas.



Membranas en espiral poliméricas



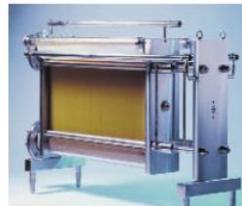
Membranas de acero inoxidable SCEPTER®



Membranas cerámicas TAMI ISOFLUX®

### Poliméricas

- **Espiral** — Debido a su diseño compacto y a la gran área de membrana relativa por elemento, son una buena solución costo-eficiencia para aplicaciones de gran volumen con sólidos mínimos o no suspendidos, con la ventaja de tener en ambos casos una baja inversión de capital y de costos de energía.
- **Tubular** — Altamente resistentes a los bloqueos. Las membranas tubulares se utilizan cuando la corriente de alimentación contiene gran cantidad de sólidos en suspensión o compuestos fibrosos.
- **Filtro de placa y marco** — Su diseño de canal abierto permite que se lo utilice para productos con muy alta viscosidad, adecuado especialmente para aplicaciones con alto contenido de sólidos en la industria farmacéutica y alimenticia.



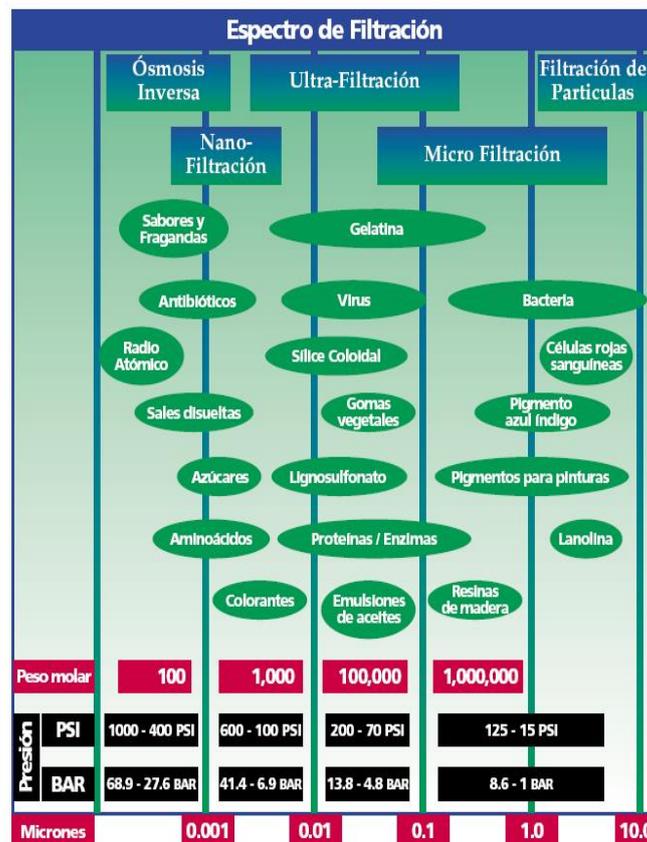
Placa y marco



Membranas cerámicas MEMBRALOX®

### Inorgánicas

- **Cerámica** — Especialmente usadas para aplicaciones sanitarias tales como leche o extractos fermentados, como así también para productos que requieren separaciones selectivas a partir de caudales fluidos con valores altos de pH, temperaturas extremas o presencia de solventes.
- **Acero inoxidable** — De diseño rugoso especialmente efectivas para aplicaciones que demandan condiciones de proceso agresivas, o caudales de alimentación con alto contenido de partículas de sólidos o muy alta viscosidad.



# Aplicaciones Comerciales

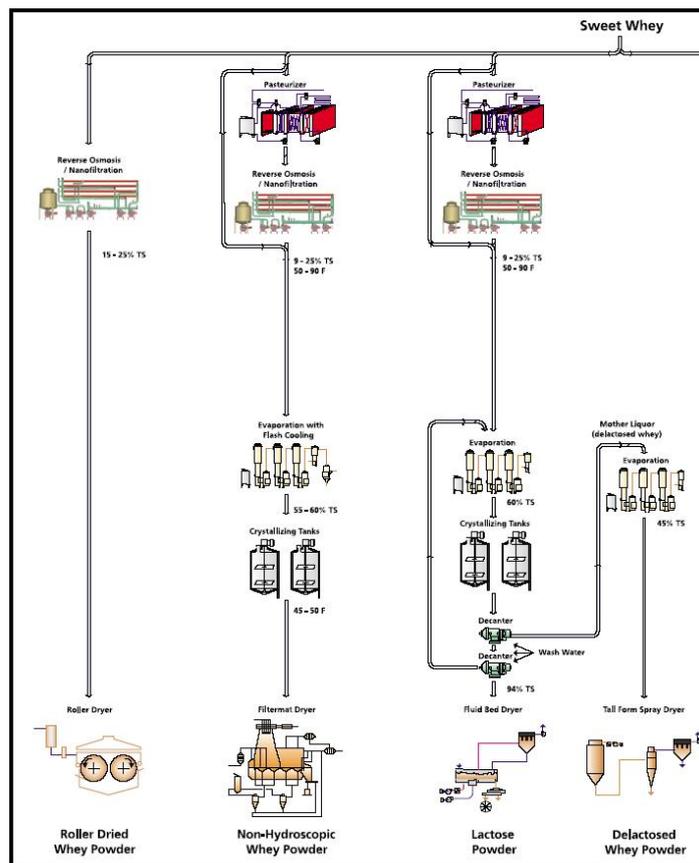


## Industria Láctea

La filtración por membranas tiene muchas aplicaciones en la industria láctea, habiéndose convertido en parte importante del proceso de producción, especialmente en la fabricación de quesos.

Estos incluyen:

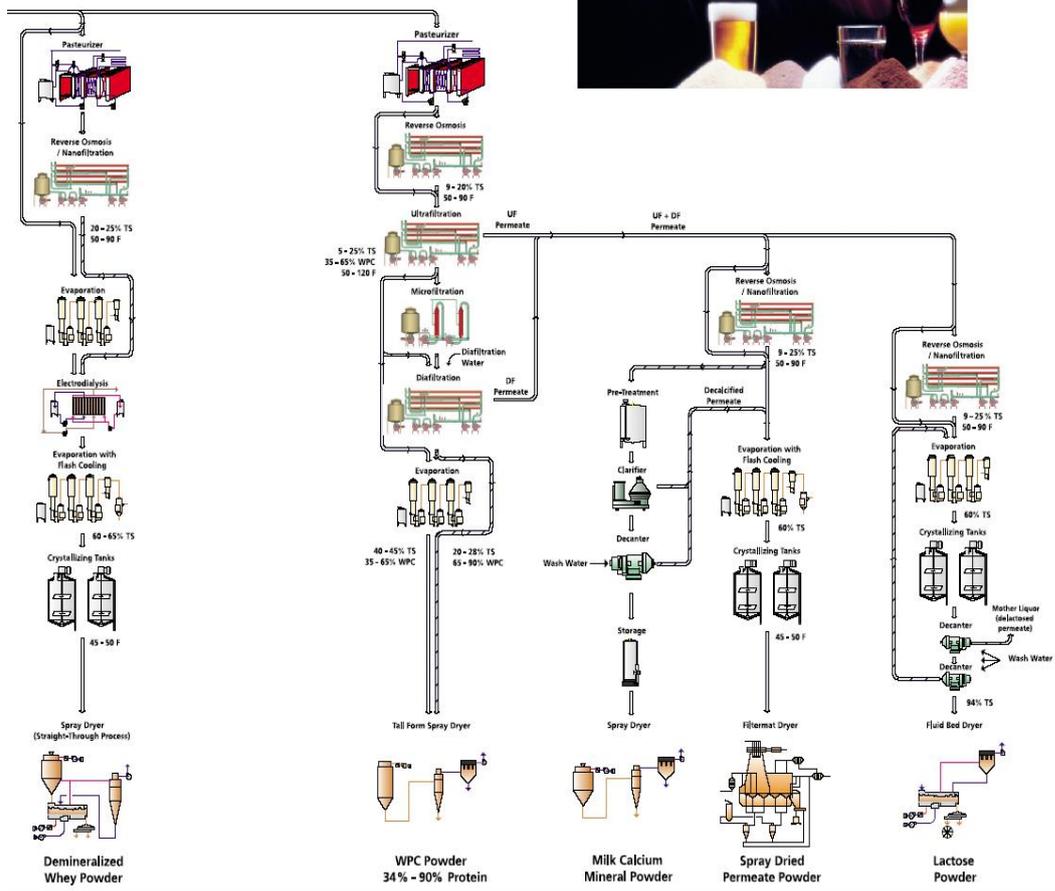
- Producción de WPC (Concentrado Proteico de Suero) de alto valor, hasta una concentración de 82-85%, como así también de WPI (Aislado de Proteínas de Suero) 90%
- Estandarización de proteínas de leche previa a la producción de queso para incrementar el rendimiento
- Concentración y desmineralización de suero para reducir costos de energía
- Reducción de la carga DBO/DQO proveniente de condensado del evaporador para reducir el costo de tratamiento del agua de desecho
- Recuperación de salmuera
- Remoción de bacterias de leche o suero
- Clarificación de productos de limpieza CIP cáustica y/o ácida y reutilización



## Industria Alimenticia y de Bebidas

Sus aplicaciones incluyen:

- Concentración de albúmina de huevo
- Clarificación de jugos de frutas
- Concentración y desalinización de gelatina de carne bovina, de huesos o de carne de cerdo
- Clarificación de salmuera de carne para eliminación de bacterias y reutilización de la salmuera
- Concentración de proteínas de legumbres y vegetales como soja, canola y avena



Procesos para suero dulce un ejemplo de un típico paquete llave en mano de los sistemas de membrana de GEA Filtration, secadores, evaporadores e integración de procesos que incluye instrumentación y automatización

## Industria del Almidón y Edulcorantes

En la industria del almidón y edulcorantes la filtración por membranas ha reemplazado en varias etapas del proceso a métodos tradicionales de separación, tales como los filtros prensa y la filtración rotativa al vacío. Los principales beneficios son la eliminación de manipuleos/disposición de tierra diatomea y el aumento del rendimiento del producto. Estas incluyen:

- Clarificación de jarabe de maíz como dextrosa y fructosa
- Concentración del agua de lavado de almidón
- Enriquecimiento de dextrosa
- De-pirogenación de jarabe de dextrosa
- Concentración/fraccionamiento del agua de humectación

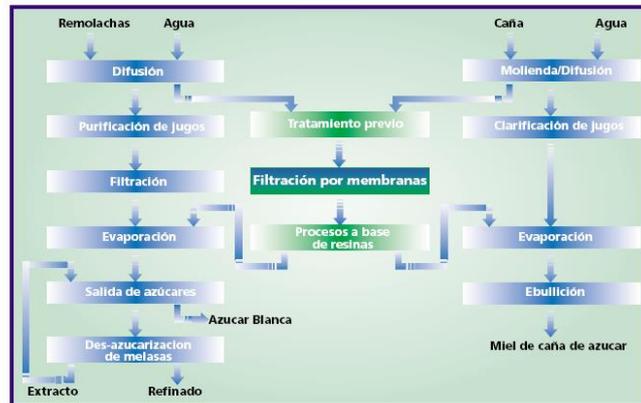


## Industria Azucarera

Las industrias de azúcar de caña y de remolacha han usado métodos antiguos, como adicionar cal y flocular, para clarificar el jugo natural y remover impurezas como ceras, dextrinas y gomas previo al refinamiento del jugo para su evaporación y cristalización.

La filtración por membranas puede ser utilizada para clarificar el jugo natural, o como reemplazo de los clarificadores más comunes, eliminando en consecuencia muchos problemas ambientales y mejorando la calidad y el rendimiento del jugo.

En los procesos de producción las membranas también pueden ser empleadas para decolorar, fraccionar y concentrar diversas soluciones azucaradas.



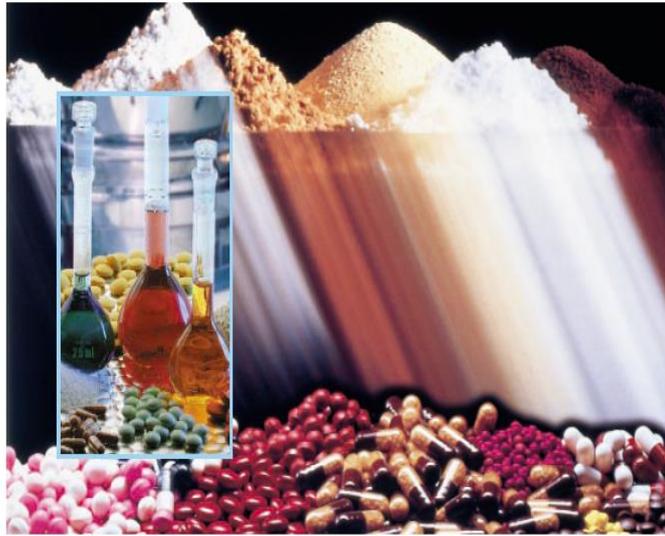
## Industria Farmacéutica / Biotecnología

La recolección de células o la recuperación de biomasa son pasos importantes en cualquier proceso de fermentación, especialmente en la fabricación de granel como los antibióticos. La filtración por membranas ha reemplazado exitosamente a los métodos de separación como los filtros rotativos al vacío o la centrifugación, mejorando en forma significativa el rendimiento del proceso, a la vez que reduce la intervención del operador de planta y los costos de mantenimiento.

Las membranas también son parte importante en las líneas de fabricación industrial de enzimas, empleándose para concentrar estas previamente a otros procesos.

Otras aplicaciones incluyen:

- Purificación y concentración de aminoácidos
- Recuperación y purificación de proteínas
- Concentración y desmineralización de plasma sanguíneo
- Concentración de péptidos



## Industrias Química y Ambiental

La filtración por membranas puede desempeñar un rol integral en el procesamiento de efluentes líquidos para reducir DBO, DQO (Demanda Biológica y Química de Oxígeno) y cargas hidráulicas dando como resultado una fuente de agua limpia que puede ser reutilizada dentro de la planta.

Como aplicaciones típicas podemos mencionar:

- Tratamiento de efluentes líquidos en plantas de la industria láctea y alimenticia
- Ajuste final de las características del condensado proveniente de un evaporador
- Recuperación y reutilización de soluciones de limpieza agotadas
- Desalinización y purificación de tinturas y pigmentos
- Tratamiento de caudales efluentes provenientes de lavados en la industria textil
- Concentración y eliminación de agua de minerales como caolin, dióxido de titanio y carbonato de calcio



### Capacidades de Plantas Piloto

Niro Filtration, en sus instalaciones de Hudson – Wisconsin, posee un laboratorio totalmente equipado para para investigación y desarrollo, disponible para evaluaciones de factibilidad de pequeña escala a ensayos de optimización a gran escala.

Niro también posee un amplio espectro de plantas piloto de todo tipo de membranas, disponibles para realizar ensayos, en el lugar que el cliente desee. Para este fin se dispone de modelos de laboratorio de banco, así como de modelos

continuos y plantas piloto semi automatizadas diseñadas para trabajar con flujos similares a las plantas de gran escala.

El personal técnico de Niro, altamente especializado en procesos, lo ayudará en cada paso desde la selección de membranas hasta el diseño final del sistema.

Para mayores detalles acerca de las especificaciones de cada una de estas plantas piloto, visitar nuestra página web [www.geafiltration.com](http://www.geafiltration.com).



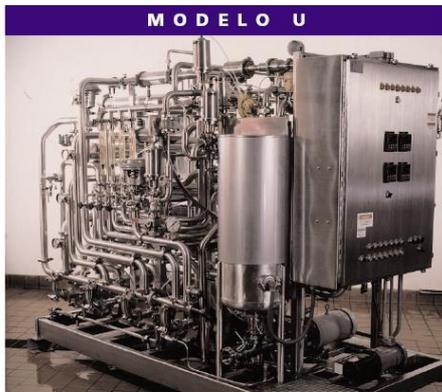
Unidad de laboratorio RO, NF, UF y MF



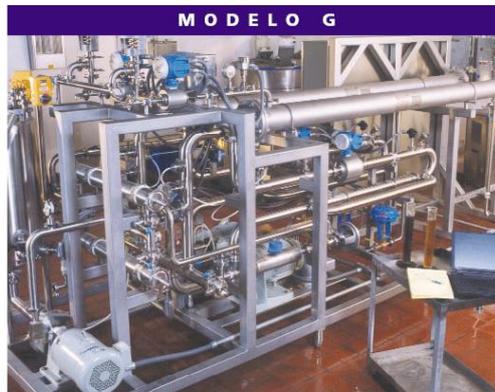
Planta piloto de RO, UF con membranas espiral, de cerámica o acero inoxidable



Planta piloto de microfiltración con membranas cerámicas



Planta piloto multi-etapas de RO, UF



Planta piloto de MF con membranas de acero inoxidable



Para más información sobre los productos y servicios provistos por GEA Filtration consulte nuestro sitio web [www.geafiltration.com](http://www.geafiltration.com).



**GEA Filtration • Niro Inc. • 1600 O'Keefe Road • Hudson, Wisconsin 54016, USA • TEL 1 715 386 9371 • FAX 1 715 386 9376**  
**E-MAIL [info@geafiltration.com](mailto:info@geafiltration.com) • WEB [www.geafiltration.com](http://www.geafiltration.com)**

**GEA Liquid Procession Scandinavia A/S • Noerskovvej 1b • DK-8660 Skanderborg, Denmark • TEL 45 700 15 22 00 • FAX 45 70 15 22 44**  
**E-MAIL [post@gea-liquid.dk](mailto:post@gea-liquid.dk) • WEB [www.gea-liquid.dk](http://www.gea-liquid.dk)**

**GEA Wiegand GmbH • Einsteinstrasse 9-15 • 76275 Ettlingen, Germany • TEL +49 7243 705-0 • FAX +49 7243 705-330**  
**E-Mail [info@gea-wiegand.de](mailto:info@gea-wiegand.de) WEB [www.gea-wiegand.de](http://www.gea-wiegand.de)**

**GEA PT - División Niro • Carlos Calvo 615, 2º Piso • C1102AAM Buenos Aires Argentina • TEL 54 11 4362 6116 • FAX 54 11 4362 3616**  
**E-MAIL [geanar@niro.com.ar](mailto:geanar@niro.com.ar)**

**Niro de México • Av.Lomas Verdes N° 791, Pisos 3 y 4 • Col. Jardines de Satélite, Naucalpan • 53129 Edo. de México, México**  
**TEL 52 5 343 9933 • FAX 52 5 343 9923 • E-MAIL [admon@gea-niro.com.mx](mailto:admon@gea-niro.com.mx) • WEB [www.gea-niro.com.mx](http://www.gea-niro.com.mx)**

## Introducción

La mayor parte de los procesos de producción de la industria alimentaria se generan subproductos normalmente considerados como desechos. En los últimos años el incremento de las regulaciones medioambientales ha obligado a la industria alimentaria a reconsiderar la utilidad de estos subproductos. El suero lácteo contiene cerca del 50% de los sólidos totales de la leche. Este contiene gran cantidad de lactosa, proteínas y minerales de alto valor. La industria del queso produce gran cantidad de suero que normalmente es considerado como desecho y que tratado correctamente puede ser una gran fuente de ingresos que justifiquen la inversión. En este informe se describe el proceso de recuperación y revalorización de 25.000 litros/día de suero dulce proveniente de una industria quesera.

## Proyecto producción de suero WPC35

Destinatario	Ing. Roberto Alvarez Estrada IMPORT-EXPORT OLMECA GUATEMALA 4 av. 8-93 zona 9 Guatemala, Ciudad. Tel. (502) 23369090 ext. 1231 cel. (502) 56511518
Sistema	Sistema automático para la producción de suero El sistema consiste en 2 partes una primera de pre-tratamiento y una segunda de purificación. MMS gestionara la totalidad del proyecto, diseñara, construirá y proveerá el sistema de fraccionamiento mientras que los sistemas de cristalización y secado serán suministrados por otros proveedores.
Especificaciones	GMP MMS
Producto final	WPC34
Capacidad	25.000 litros diarios de suero dulce proveniente de la producción de queso.
Informe	Nr. 1
Precio	245.000 €.
Pago	70 % previo-pago bajo aval bancario 30 % tras confirmación de envío.
Términos	Condiciones generales de contrato para la venta y entrega de equipos industriales según la Asociación suiza de constructores de maquinaria (Swiss Association of Machinery Manufacturers).

Entrega	No incluida
Instalación	No incluida
Tiempo de Entrega	3 meses(tras la confirmación escrita del pedido y en función de tiempos de entrega de otros proveedores)
Sistema de Pre-tratamiento	Centrifuga westfalia capacidad 30.000 l/día Pausterizador Energesa, capacidad 25.000 l/día
Sistema de Purificación	Sistema MMS-UF, capacidad 25.000 l/día Tanques intermedios y producto final incluidos
Automatización	Semi automatico
Tuberías	Acero inoxidable 316L, diseño de conexiones grado alimentario.
Soldaduras	Todas las soldaduras se realizan bajo estricto control según las especificaciones de MMS. Todas las soldaduras orbitales son inspeccionadas por control visual (algunas partes con endoscopio).
Dimensiones	Las dimensiones del sistema varían en función del sistema de secado pero no superan un espacio de 100 m2.
Garantías	Dos años en tuberías, estructuras, soldaduras y equipo de control en los equipos construidos por MMS.  Las garantías correspondientes a los equipos no construidos por MMS están garantizadas según las especificaciones de cada constructor.  El sistema esta garantizado en su totalidad durante las 4 primeras semanas de funcionamiento y tras la firma por las dos partes de un protocolo de correcta operación.  De ninguna manera MMS o sus empleados son responsables de ningún daño, incluyendo accidentes, pérdidas de beneficios, interrupción de producción u otros tipos de pérdidas originados por el uso inadecuado del sistema.

Zürich/Barcelona,

## 1. Descripción:

La mayor parte de los procesos de producción de la industria alimentaria se generan subproductos normalmente considerados como desechos. En los últimos años el incremento de las regulaciones medioambientales ha obligado a la industria alimentaria a reconsiderar la utilidad de estos subproductos. El suero lácteo contiene cerca del 50% de los sólidos totales de la leche. Este contiene gran cantidad de lactosa, proteínas y minerales de alto valor. La industria del queso produce gran cantidad de suero que normalmente es considerado como desecho y que tratado correctamente puede ser una gran fuente de ingresos que justifiquen la inversión. En este informe se describe el proceso de recuperación y revalorización de 25.000 litros/día de suero dulce proveniente de una industria quesera.

## 2. Sumario:

Proyecto	Producción de WPC34.
Sistema	Sistema automático para la producción de suero. El sistema consiste en 2 partes una primera de concentración y una segunda de secado. MMS gestionara la totalidad del proyecto, diseñara, construirá y proveerá el sistema de fraccionamiento mientras que los sistemas de cristalización y secado serán suministrados por otros proveedores.
Especificaciones	GMP MMS
Producto final	WPC34
Capacidad	25.000 litros diarios de suero dulce proveniente de la producción de queso.
Informe	Nr. 1
Precio	462.000 €. Impuestos no incluidos
Pago	60 % previo-pago bajo aval bancario 40 % tras la puesta en marcha del sistema.
Términos	Condiciones generales de contrato para la venta y entrega de equipos industriales según la Asociación suiza de constructores de maquinaria (Swiss Association of Machinery Manufacturers).
Entrega	Espana
Instalación	Incluida
Tiempo de Entrega	8 meses(tras la confirmación escrita del pedido y en función de tiempos de entrega de otros proveedores)
Sistema de filtración	Sistema MMS de filtración por membranas, ultrafiltración, nanofiltración, osmosis inversa.
Sistema de Secado	Sistema secado por tambor (proveedor por determinar)
Cristalizadores	Por determinar

Línea de empaquetado	Por determinar
Automatización	Totalmente automático
Tuberías	Acero inoxidable 316L, diseño de conexiones grado alimentario.
Soldaduras	Todas las soldaduras se realizan bajo estricto control según las especificaciones de MMS. Todas las soldaduras orbitales son inspeccionadas por control visual (algunas partes con endoscopio).
Dimensiones	Las dimensiones del sistema varían en función del sistema de secado pero no superan un espacio de 300 m2.
Garantías	Dos años en tuberías, estructuras, soldaduras y equipo de control en los equipos construidos por MMS.  Las garantías correspondientes a los equipos no construidos por MMS están garantizadas según las especificaciones de cada constructor.

El sistema esta garantizado en su totalidad durante las 4 primeras semanas de funcionamiento y tras la firma por las dos partes de un protocolo de correcta operación.

De ninguna manera MMS o sus empleados son responsables de ningún daño, incluyendo accidentes, pérdidas de beneficios, interrupción de producción u otros tipos de pérdidas originados por el uso inadecuado del sistema.

### 3. Sistema:

El objetivo del sistema suministrado por MMS es la obtención de WPC35 en forma de polvo. La Figura 1 muestra el proceso de obtención de los productos mencionados partiendo del suero dulce obtenido en la producción de queso.

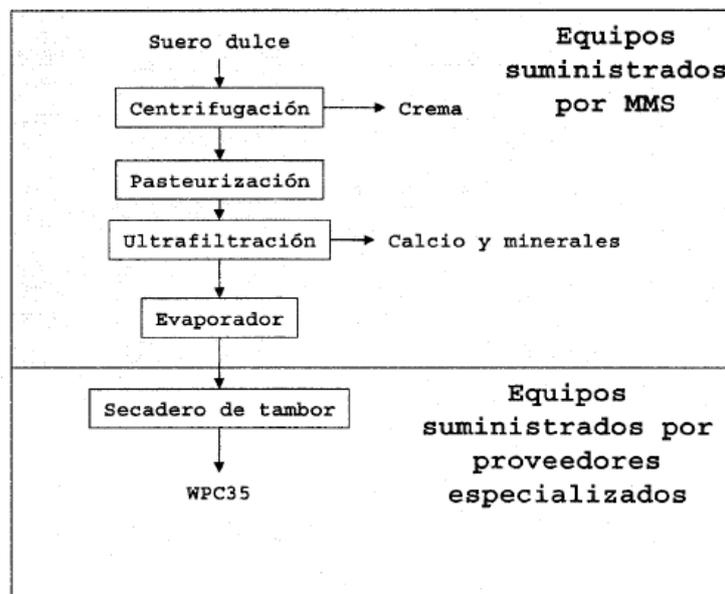


Figura 1: Proceso de revalorización del suero dulce.

#### 3.1. Proceso:

Los objetivos del sistema residen en la recuperación y transformación del suero lácteo procedente de la producción de queso.

Los balances de masa, de energía y resultados económicos variaran en función del fraccionamiento realizado en los diferentes productos finales. En este caso se ha elegido la producción de suero WPC35. La figura 2 muestra el balance de masas del proceso de producción.

En un primer paso el suero es centrifugado para retirar partículas y grasa. Tras la centrifugación el suero es pasteurizado en un pasteurizador de placas alfa-laval.

Tras la pasteurización el suero es concentrado, para obtener WPC35 simple ultrafiltración es utilizada. De esta etapa de proceso se obtienen dos corrientes, la primera de concentrado donde se encuentra la proteína del suero. La segunda es el permeado, esta corriente contiene la mayor parte de las sales.

La primera corriente es concentrada mediante el uso de un evaporador a baja temperatura. La etapa de evaporación concentra el suero

## ANEXO 7 Estimación de Balance de Masa

### Datos de Capacidad

Base de Calculo	<b>12,506.00</b> kg/diarios
	<b>1563.25</b> kg/Hora

### Datos Importantes y calculos

Densidad= 0.07134 kg/L

Tabla. Composición del Lactosuero Dulce Fluido				POR KILO	Producto Diario	Producto Mensual
Nutrientos	unidades	Cantidad en		Cantidad 1000	18,120 kg/día	362400 kg/mes
		100 gramos		gramos	kg	kg
Agua	g	93.12	93.12	<b>931.2</b>	<b>16873.344</b>	<b>337466.88</b>
Proteína	g	0.85	0.85	<b>8.5</b>	<b>154.02</b>	<b>3080.4</b>
Grasa	g	0.36	0.36	<b>3.6</b>	<b>65.232</b>	<b>1304.64</b>
Carbohidratos	g	5.14	5.14	<b>51.4</b>	<b>931.368</b>	<b>18627.36</b>
Fibra	g	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>	
Cenizas	g	0.53	0.53	<b>5.3</b>	<b>96.036</b>	<b>1920.72</b>
TOTAL	g	<b>6.88</b>	<b>6.88</b>	<b>68.8</b>	<b>1246.656</b>	<b>24933.12</b>
<b>MINERALES</b>					0	
Calcio	mg	47	0.047	0.47	8.5164	170.328
Hierro	mg	0.06	0.0006	0.0006	0.010872	0.21744
Magnesio	mg	8	0.008	0.08	1.4496	28.992
Fósforo	mg	46	0.046	0.46	8.3352	166.704
Potasio	mg	161	0.161	1.61	29.1732	583.464
Sodio	mg	54	0.054	0.54	9.7848	195.696
Zinc	mg	0.13	0.0013	0.0013	0.023556	0.47112
TOTAL	mg	<b>316.19</b>	<b>0.31619</b>	<b>3.1619</b>	<b>57.293628</b>	<b>1145.87256</b>
<b>VITAMINAS</b>					0	
Acido Ascorbico	mg	0.1		1	18.12	362.4
Tiamina	mg	0.036		0.36	6.5232	130.464
Riboflavina	mg	0.158		1.58	28.6296	572.592
Niacina	mg	0.074		0.74	13.4088	268.176
Acido Pantoténico	mg	0.383		3.83	69.3996	1387.992
Vitamina B6	mg	0.031		0.31	5.6172	112.344
Folacina	ug	1				
Vitamina B12	ug	0.277				
Vitamina A	UI					
TOTAL		<b>0.782</b>	<b>0.00782</b>	<b>0.00782</b>	<b>0.1416984</b>	<b>2.833968</b>

### Producción Diaria Línea

	kg
	<b>Enzimático</b>
Materia Seca	<b>1304.091326</b>
Lactosa	<b>931</b>
Proteínas	<b>154</b>
Lípidos	<b>65.23</b>
Cenizas	<b>96.036</b>
Minerales	<b>57.29</b>
Vitaminas	<b>0.1416</b>

### Producción Mens Línea

	kg
	<b>Enzimático</b>
Materia Seca	<b>26,081.83</b>
Lactosa	<b>18,627.36</b>
Proteínas	<b>3080.4</b>
Lípidos	<b>1304.64</b>
Cenizas	<b>1920.72</b>
Minerales	<b>1145.87</b>
Vitaminas	<b>2.83</b>

Estimación de Balance de masa.  
Análisis Previo a Selección de Equipo  
ANEXO 2

BASE	15,474.00	Litros Diarios
------	-----------	----------------

1934.25	L/hora
---------	--------

Dimensionando un 10 %	2000	L/h
-----------------------	------	-----

	Enzimático	Láctico	Mixto
Materia Seca	71.34	65.76	70.49
Lactosa	51.78	45.25	50.84
Proteínas	9.21	7.8	8.95
Lípidos	5.06	0.85	3.38
Minerales	5.25	7.33	5.89
PH	6.4	4.6	4.7
Valores en g/L			

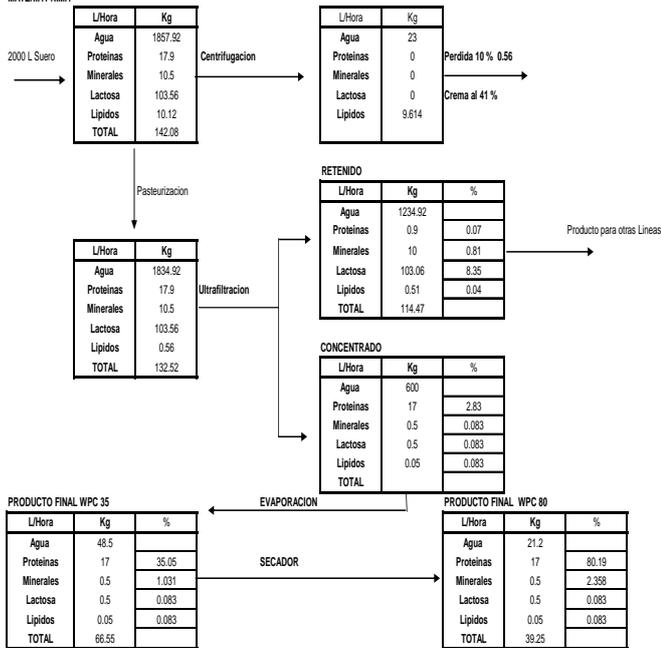
Densidad = ?

	Enzimático	Láctico	Mixto	%	%	%
Materia Seca	71.34	65.76	70.49	7.134	6.576	7.049
Lactosa	51.78	45.25	50.84	5.178	4.525	5.084
Proteínas	9.21	7.8	8.95	0.921	0.78	0.895
Lípidos	5.06	0.85	3.38	0.506	0.085	0.338
Minerales	5.25	7.33	5.89	0.525	0.733	0.589
PH	6.4	4.6	4.7			
Valores en g/L						

Componente	Masa (Kg)	Proteína (g)	Grasa (g)	Cenizas(g)	CHOs (g)
Suero	100	760	620	510	5150
Concentrado	18.1	496	456	94	979
Ultrafiltrado	81.1	211	41	405.5	4266
Perdidas (%)	0.8	7	20	2	2

Componente	Masa (gr)	Proteína (%)	Grasa (%)	Cenizas(%)	CHOs (%)
Suero	100000	0.76	0.62	0.51	5.15
Concentrado %	18100	2.740331492	2.519337017	0.519337017	5.408839779
Ultrafiltrado %	81100	0.260172626	0.050544871	0.5	5.260172626
Perdidas (%)					

MATERIA PRIMA



Estimación de Balance de masa.  
Análisis Previo a Selección de Equipo

	<b>Enzimático</b>	<b>Láctico</b>	<b>Mixto</b>	Litros Suero Prod. Anual	Litros Suero Prod Mensual	Litros Suero Prod. Diaria
Materia Seca	71.34	65.76	70.49	5,648,062.73	470671.8942	15474.1445
Lactosa	51.78	45.25	50.84			
Proteínas	9.21	7.8	8.95			
Lípidos	5.06	0.85	3.38			
Minerales	5.25	7.33	5.89			
PH	6.4	4.6	4.7			
Valores en g/L						

**Mensual**

	<b>KG Enzimático</b>	<b>KG Láctico</b>	<b>KG Mixto</b>
Materia Seca	33,577.73	30951.3838	33177.6618
Lactosa	24371.39068	21297.9032	23928.9591
Proteínas	4334.888145	3671.24077	4212.51345
Lípidos	2381.599784	400.07111	1590.871
Minerales	2471.027444	3450.02498	2772.25746
PH	6.4 pH	4.6 pH	4.7 pH
TOTAL	67,136.64	59770.6238	65682.2628

**Diario**

	<b>KG Enzimático</b>	<b>KG Láctico</b>	<b>KG Mixto</b>
Materia Seca	1,399.07	1289.64099	1382.40258
Lactosa	1,015.47	887.412634	997.039962
Proteínas	180.62	152.968366	175.521394
Lípidos	99.23	16.6696296	66.2862918
Minerales	102.96	143.751041	115.510727
PH	6.4 pH	4.6 pH	4.7 pH
TOTAL	2,797.36	2490.44266	2736.76095

**Semanal**

	<b>KG Enzimático</b>	<b>KG Láctico</b>	<b>KG Mixto</b>
Materia Seca	8,394.43	7737.84594	8294.41545
Lactosa	6,092.85	5324.4758	5982.23977
Proteínas	1,083.72	917.810194	1053.12836
Lípidos	595.40	100.017778	397.717751
Minerales	617.76	862.506246	693.064364
PH	6.4 pH	4.6 pH	4.7 pH
TOTAL	16,784.16	14942.656	16420.5657

	<b>KG Enzimático</b>	<b>KG Láctico</b>	<b>KG Mixto</b>
Materia Seca	402,932.80	371416.605	398131.942
Lactosa	292,456.69	255574.839	287147.509
Proteínas	52,018.66	44054.8893	50550.1614
Lípidos	28,579.20	4800.85332	19090.452
Minerales	29,652.33	41400.2998	33267.0895
PH	6.4 pH	4.6 pH	4.7 pH
TOTAL	805,639.67	717247.486	788187.154