

## **Diseño de una Planta de Procesamiento de Leche de Soya para la Fundación Hogar de Cristo.**

Carolina Elizabeth Crespo Chica<sup>1</sup>, Edgar Fernando Landines Vera<sup>2</sup>, Fabiola Cornejo Zuñiga<sup>3</sup>  
Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción  
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)  
Campus Gustavo Galindo Km, 30.5 vía Perimetral  
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador  
ccrespo@empacreci.com<sup>1</sup>, elandine@espol.edu.ec<sup>2</sup>, fcornejo@espol.edu.ec<sup>3</sup>

### **Resumen**

*El presente trabajo tiene como propósito ayudar a una institución sin fines de lucro, conocida como Hogar de Cristo. Esta Fundación posee un proyecto llamado "Vaca Mecánica". Este programa tiene la finalidad de ofrecer diariamente 720 desayunos escolares a los niños de escuelas de escasos recursos. Por este motivo se realiza el diseño de los equipos e instalaciones necesarios para la producción de leche de soya, facilitando y mejorando las operaciones de su elaboración.*

*En la primera etapa se analiza el uso y distribución del área destinada a la construcción de la planta. Mediante la aplicación del sistema de planificación LayOut, se determina la distribución de las áreas y equipos en planta. Además, se establecen las características necesarias en las instalaciones y en el proceso de producción de leche de soya, que al ser aplicadas mejorarán la calidad del producto.*

*Finalmente, en base a la producción diaria estimada para la planta se diseña y dimensionan los equipos restantes como son bombas centrifugas, tanque de almacenamiento, motor mezclador, pasteurizador, llenadora y tuberías.*

**Palabras Claves:** *Leche de Soya, LayOut.*

### **Abstract**

*This paper describes the design of a processing plant of soy milk and aims to help a nonprofit institution, known as the "Hogar de Cristo". The Foundation has a project called "Mechanical Cow." This program is intended to provide daily school meals to 720 children from low-income schools. This work is carried out the design of equipments and the infrastructure for an adequate food plant, facilitating and improving its production operations. In the first stage examines the use and distribution of the area for the construction. By applying LayOut planning system, it determines the distribution of plant and equipment areas. In addition, it provides features required in facilities in the process of soy milk, which applied to preserve the quality of the product. Finally, based on estimated daily production for the plant is designed and dimensioned remaining equipment such as centrifugal pumps, storage tank, mixer motor, pasteurizer, filler and pipes.*

**Keywords:** *SoyMilk, LayOut.*

## 1. Introducción

La leche de soya en la actualidad es utilizada como alternativa al consumo de la leche de vaca para las personas intolerantes a la lactosa, así como para los diabéticos y personas con trastornos digestivos, además que aporta con un alto valor nutricional. Esta bebida que se obtiene a partir de los granos de soya pasa por diferentes procesos previos a su elaboración como son: cocción, triturado, filtrado, pasteurizado y mezclado.

Actualmente la planta elabora leche de soya usando un método artesanal, por este motivo el tiempo de producción es mayor y el tiempo de vida útil se ve reducido. Se busca mejorar el proceso, implementando el uso de equipos como el pasteurizador y el filtro prensa; los cuales permiten mejorar la calidad del producto y aumentar el periodo de consumo.

Lo que se pretende con esta tesis es obtener una planta con una infraestructura y maquinaria adecuada para la elaboración de dicha bebida; la misma que va a ser destinada como parte del desayuno de escuelas de la Cooperativa Nazareth.

## 2. Generalidades

La Fundación Hogar de Cristo posee un proyecto llamado “Vaca Mecánica”, este proyecto tiene la finalidad de ofrecer diariamente 720 desayunos escolares a los niños de las escuelas de escasos recursos. Para cumplir con esta meta, la Fundación adquirió equipos que procesan leche de soya y sus derivados, por este motivo se vio en la imperiosa necesidad de construir instalaciones que garanticen un producto de calidad.

El proceso de elaboración de leche de soya, consta de varias etapas como se muestra en la figura 1.1, las cuales inician con la mezcla y cocción de materias primas, pasando por el triturado, filtrado y mezcla de aditivos como etapas intermedias y finalizando en el envasado y refrigeración del producto final.

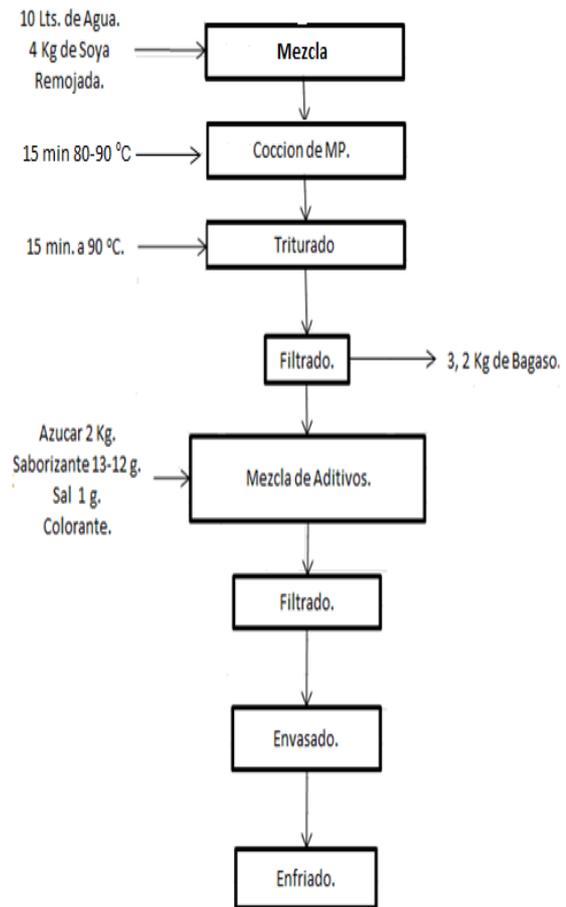


Figura 1. 1 Diagrama de Flujo de Elaboración de Leche de Soya

## 3. Diseño De Planta

### 3.1. Instalaciones y Disponibilidad de Espacios Existente

Para el montaje de la planta, se dispone de un espacio de 256,3 m<sup>2</sup> distribuidos de la siguiente forma:

- Interior de la planta: 193,8 m<sup>2</sup> del área de Producción y Despacho de leche de Soya con una forma rectangular (20,4 m x 9,5 m).
- El área de Bodega y Oficinas que ocupan un área de 62,5 m<sup>2</sup> (10,6 m x 5,9 m).

En la tabla 1.1 se determina las áreas internas de la planta con sus respectivas dimensiones:

**Tabla 1.1** Dimensiones de los departamentos

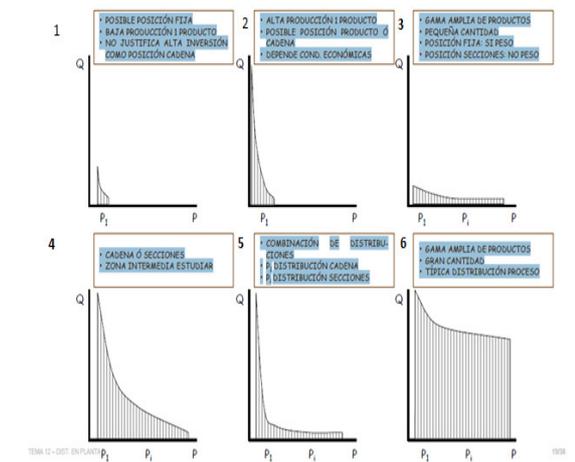
Nombre del Departamento	Dimensiones
1. Bodega de Materia Prima	7,6 m x 5,9 m
2. Facilidades Sanitarias	2 m x 1,25 m
3. Casilleros para el Personal	2 m x 0,9 m
4. Oficina	m x 2,2 m
5. Despacho de Producto Terminado	5 m x 4 m
6. Área de Refrigeración de Producto Terminado.	4,3 m x 2,9 m
7. Área de Producción de Subproductos de Leche de Soya.	4,3 m x 2,9 m
8. Área de Producción.	9,5 m x 8,1 m
9. Área de Envasado	8,1 m x 2 m

### 3.2. LayOut de la Planta

La metodología conocida como LayOut ha sido la más aceptada y la más comúnmente utilizada para la resolución de problemas de distribución en planta.

La distribución de una planta depende del producto que se va a elaborar y de las cantidades a producir. Las gráficas P-Q proporcionan gran información acerca del tipo de distribución que se interesa implantar. Es por tanto, que se presenta a continuación los tipos básicos de distribución en planta y en la figura 1.2 un diagrama P-Q:

- Distribución de posición fija: el material permanece en posición invariable, mientras q todo el proceso productivo, se desplaza hacia la posición ocupada por el material.
- Distribución por proceso (función): todas las operaciones (proceso) del mismo tipo se realizan en la misma área, es decir el material se mueve a través de departamentos o áreas.
- Distribución por producto (línea de producción): los equipos están colocados según la secuencia de las operaciones y cada operación está situada adyacente a la anterior.



**Figura 1.2** Diagrama P-Q

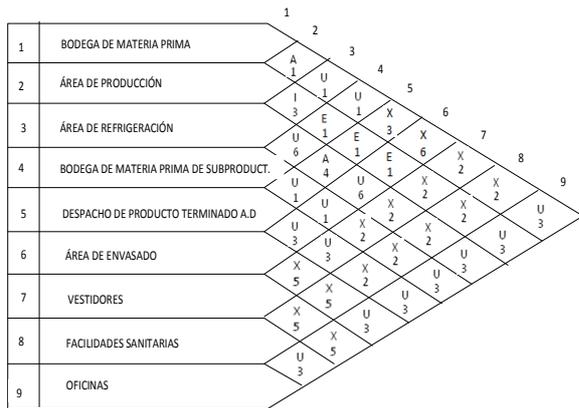
### 3.3. Análisis de Relación Entre Actividades

El flujo de materiales es solamente una razón para la proximidad de ciertas operaciones unas con otras.

La escala de valoración utilizada para reflejar la conveniencia de la proximidad de las actividades, propuesta para la T.R.A. (Tabla Relacional de Actividades) se encuentra en la Figura 1.3.

La configuración de la Tabla Racional aumenta de acuerdo al análisis del problema, como el de la seguridad y confort y el de la integración, que ahora se hacen presentes al cualificar las relaciones.

En la Figura 1.3 se presenta un modelo de la Tabla Relacional de Actividades para una Planta de Leche de Soya; la tabla esta dividida en casillas y las estas en dos partes iguales por una línea horizontal. Se puede establecer además de la relación entre ambas los motivos por los que se asigna una determinada puntuación, en la parte superior se indica el grado de la proximidad elegido para la relación por medio de las escala indicada y en la parte inferior se señalan los motivos por los que se ha considerado la necesidad de proximidad. Con el fin que todo quede plasmado de una forma organizada, se asigna un número a cada una de las razones, bajo las que se estudian las relaciones; en la parte inferior de la casilla se indican cuales son los motivos que justifican el valor adoptado.



MOTIVO	
1	Proximidad en el proceso
2	Higiene
3	Control
4	Frío
5	Malos olores, ruidos.
6	Seguridad del producto
7	Utilización de material común
8	Accesibilidad

Código	Indica Relación	Color Asociado
A	Absolutamente necesaria	Rojo
E	Especialmente importante	Amarillo
I	Importante	Verde
O	Ordinaria	Azul
U	Sin importancia	-
X	Rechazable	Marrón

Figura 1.3 Tabla Relacional de Actividades.

### 3.4. Diagrama Relacional de Actividades

El diagrama es un grafo en el que las actividades son representadas por nodos unidos por líneas. Estas últimas representan la intensidad de la relación (A,E,I,O,U,X) entre las actividades unidas a partir del código de líneas que se muestra en la Figura 1.4, por lo que a partir de esta relación entre áreas se distribuye la planta.

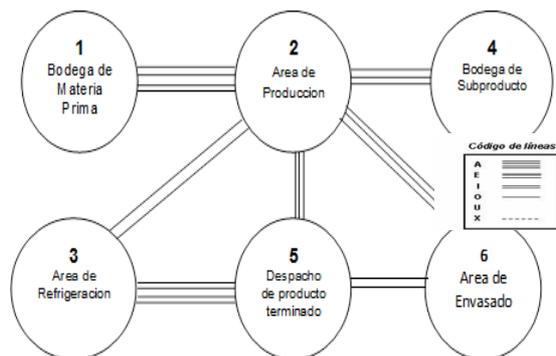


Figura 1.4 Diagrama Relacional de Actividades

## 4. Diseño de Equipo de Filtrado

La filtración es un ejemplo especial de separación a través de medios porosos, en el cual existe cierta resistencia al flujo del líquido a filtrar, esta resistencia aumenta con el tiempo a medida que el medio filtrante se va obstruyendo o se forma una torta. Los dos factores determinantes del

proceso filtrado son la resistencia del medio filtrante y de la torta

Para determinar las resistencias se experimenta a nivel de laboratorio. Los equipos y materiales que se usaron en la prueba de filtrado son los siguientes y se los puede observar en la Figura 1.5.:

- Bomba de Vacío Coeco modelo R-300.
- Matraz de Erlenmeyer con tubuladura lateral.(kitasato)
- Embudo Buchner
- Tela Filtrante.
- Balanza
- Desecador Infrarrojo Kern.



Figura 1.5 Equipos de filtrado

Se aplica presiones de vacío de 200, 400 y 600 mm de Hg, además se evalúa el tiempo vs volumen de filtrado y se determina el tiempo de volumen filtrado en cada una de las presiones aplicadas.

De los experimentos efectuados en laboratorio a diferentes presiones se obtienen los valores de  $R_m$  y  $\alpha$  expresados en la tabla 1.2 y 1.3:

**Tabla 1.2** Valores de  $R_m$  a Diferentes Presiones de Vacío

P. (Pa)	$\alpha$ (m/Kg)	Kp (seg/m <sup>3</sup> )	Área (m <sup>2</sup> )	V. Pa-seg
26600	$1,28 \times 10^{16}$	$8,8 \times 10^{12}$	0,013	0,022
53320	$9,43 \times 10^{14}$	$3,24 \times 10^{11}$		
80000	$5,76 \times 10^{13}$	$3,32 \times 10^{10}$		

**Tabla 1.3** Valores de  $\alpha$  a Diferentes Presiones de Vacío

Presión. (Pa)	$R_m$ (m <sup>-1</sup> )	B (seg/m <sup>3</sup> )
26600	$4,41 \times 10^{10}$	$1 \times 10^7$
53320	$3,54 \times 10^{10}$	$4 \times 10^6$
80000	$1,99 \times 10^9$	150000

Todos los cálculos obtenidos tienen como finalidad diseñar y seleccionar el equipo idóneo para el proceso que se desea realizar. Debido al espacio disponible, debe ser compacto, de fácil transporte y de limpieza fácil. Además de las características ya indicadas, se suman los detalles y especificaciones que se indica en la tabla 1.4.

**Tabla 1.4.** Características del Filtro Prensa

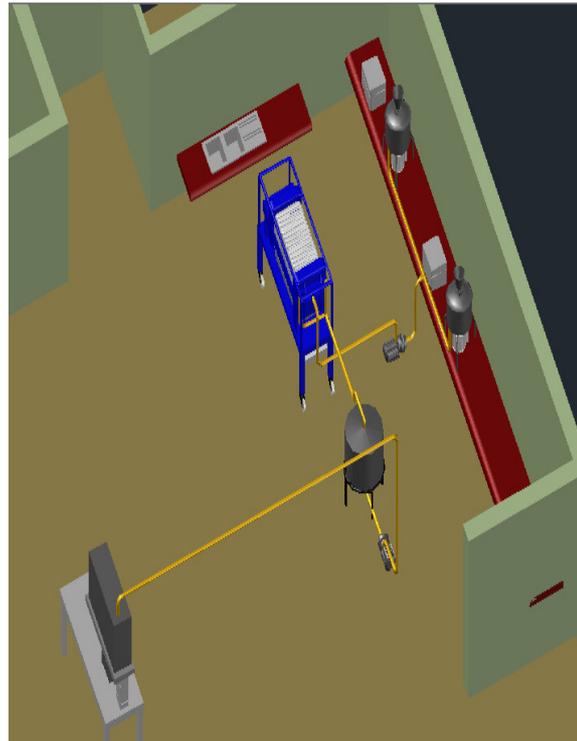
Tamaño de Placa	0,63 m
No de placas	11
Área	0,397 m <sup>2</sup>
Espesor Máximo de Torta	0,04 m
Ampliación Máxima No de Placas.	16
Presión de trabajo	7-15 Bares

## 5. Diseño de Equipos

Durante el proceso de leche de soya existen diferentes etapas y equipos, por lo que se debe tener claro cómo debe ser el sistema de tuberías entre cada etapa o equipo y que potencia tiene cada bomba. Para tener una idea de cómo de ser el sistema de tuberías, este funciona de la siguiente manera, el fluido sale de las extractoras de leche de soya el cual por uniones de tipo T serán transportadas hacia la bomba que envía el fluido hacia el filtro prensa, al salir del filtro prensa el

líquido llega hacia el tanque de mezclado, después de finalizar el mezclado se eleva la tubería hasta el tumbado para luego llevar el líquido a la llenadora, donde finaliza el sistema de tuberías. Por otra parte, el diámetro de las tuberías será de 1 ½'', 1 ¼'' y 1'' lo cual facilita la conexión con las bombas y demás equipos del proceso.

A continuación en la Figura 1.6 se puede observar el sistema de tuberías y los equipos de planta.



**Figura 1.6** Equipos de Producción y Sistema de Tuberías

### 5.1. Cálculo y Selección de Tuberías y Bombas para el Filtro Prensa

Para el diseño de la primera bomba, la cual transporta el líquido que contiene sólidos en suspensión, se elige una bomba centrífuga con impulsor semiabierto.

Basándose en las necesidades de la planta y disponibilidad de bombas se elige la bomba de marca Ebara modelo CDX 70/106, la cual se adapta cambiando el impulsor de uno cerrado a uno semiabierto debido a los sólidos que posee el líquido. Además, se lo complementa con sellos mecánicos de Sic/Sic/FPM los cuales resisten temperaturas de hasta 110 °C. A continuación, en la tabla 1.5 se resume las características de la bomba en el caudal elegido:

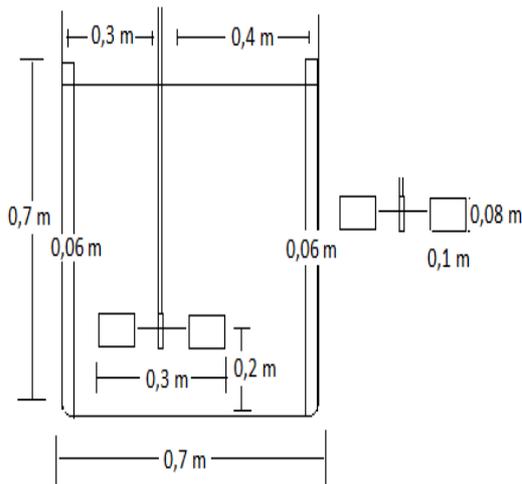
**Tabla 1.5** Especificaciones de la Bomba Centrifuga CDX 70/106.

<b>Diámetro Interno Tanque</b>	0,7 m
<b>Altura del Tanque</b>	0,7 m
<b>Diámetro Interno de Camisa</b>	0,003 m
<b>Altura de la Camisa</b>	0,5 m
<b>Área Interna de la Camisa</b>	2,1 m <sup>2</sup>

Para el diseño de la segunda bomba, la cual transporta la leche de soya desde el tanque mezclador hasta la llenadora, se elige una bomba centrífuga con impulsor cerrado del mismo modelo.

### Selección de Mezcladora

Las dimensiones del tanque varían bastante dependiendo de la naturaleza de los componentes a mezclar en el tanque. Sin embargo, se emplea parámetros estándares usados para el diseño de tanques de mezclado de líquidos, los cuales se establecen a continuación en la figura 1.7:



**Figura 1.7** Dimensiones del Tanque de Mezclado

Con estas dimensiones ya definidas, se obtiene la potencia del motor que mueve el eje y por consiguiente a las paletas del tanque.

### Diseño de Pasteurizador

La pasteurización es el tratamiento de calor para eliminar los microorganismos presentes y para garantizar el tiempo óptimo para el consumo de una bebida. En la tabla 1.6 se describe las características del tanque pasteurizador con camisa:

**Tabla 1.6** Características Tanque con Camisa

<b>Potencia</b>	1 Hp- 0,75 Kw
<b>Eficiencia</b>	42%
<b>Caudal</b>	20-80Lt/min
<b>Presión Succión</b>	39083Pa
<b>Presión Descarga</b>	83387 Pa

### Selección de Envasadora

El proceso actual de llenado es totalmente manual. Este tipo de llenado puede presentar los siguientes problemas: higiene, precisión de llenado y velocidad. La selección de la llenadora pretende resolver estos problemas.

Debido a que aún se cuenta con una producción relativamente baja se elige una máquina manual de llenado por gravedad, la cual está diseñada para llenar botellas desde 100 ml. a 4000 ml., a una velocidad de 5 a 6 Lt/min. Las presentaciones de los envases son de 230 y 500 ml por lo que la capacidad de llenado es de 21 a 26 botellas de 230 ml y de 10 a 12 botellas de 500 ml por minuto. En la Figura 1.8, se puede observar la llenadora que se emplea en la planta y sus partes entre las cuales se encuentran un tanque de 60 litros, una palanca regulable la cual se ajusta al tamaño de la botella a llenar, dos boquillas de llenado ajustables al diámetro y volumen de cada botella y por último una mesa de acero inoxidable con guías laterales como se puede ver en la Figura 1.8.



**Figura 1.8** Llenadora Manual por Gravedad

## 6. Conclusiones y Recomendaciones

Esta tesis ha sido elaborada con el objetivo de optimizar el proceso de elaboración de leche de soya, implantada en una fábrica artesanal que no cuenta con equipos especializados para su óptima producción y duración en percha.

Se han diseñado los equipos necesarios para cumplir con los estándares de calidad y aumentar su producción, disminuyendo los costos y mejorando el tiempo de vida útil del producto; de donde concluimos que:

Se determina que el uso de un pasteurizador en batch es el más adecuado para el tipo de producción que actualmente poseen; dicho equipo se diseña en base a las exigencias de la planta y posible aumento en la producción; y se establece que el área total de la camisa es de 2,1m<sup>2</sup>, con un motor de 0,75HP, un eje y un mezclador de 6 aspas, con una capacidad de almacenamiento de 200 lt y una temperatura máxima de tratamiento de 88 °C.

La leche de soya es una bebida que posee una cantidad considerable de sólidos en suspensión, por lo tanto el uso de un filtro prensa es indispensable para continuar con el proceso y por lo que se determina que dicho equipo debe poseer 11 placas con un área de 0,397m<sup>2</sup> y una capacidad de filtración de 19,6 kg/min, para cumplir con la demanda diaria y con un excedente para aumentar los volúmenes de producción cuando sea necesario.

Previo al diseño de equipos se establece la distribución de las áreas en planta cuyo origen se fundamenta en el Planeamiento Sistemático LayOut, el cual permite disminuir tiempos de trabajo y optimizar los espacios existentes destinados a la construcción de la planta.

Las tuberías y bombas fueron determinadas en base a las características del fluido antes y después de filtrado, antes del proceso de filtrado se tiene tuberías con menor diámetro y una bomba con impulsor semiabierto debido a los sólidos suspendidos en el fluido y la bomba y tubería desde el tanque pasteurizador a la llenadora tiene un mayor diámetro y una bomba con impulsor cerrado.

Los costos que se deben cubrir para iniciar el proyecto de mejora de esta planta llega a \$29.607, valor que ha sido analizado en base a los precios actuales de los equipos, accesorios y mano de obra requeridos para este fin; de donde el filtro prensa es el equipo que más costo de inversión requiere con un aproximado de \$15.000.

Técnicamente, los cálculos realizados en la tesis estuvieron basados para una producción estimada de 82,7 Kg/h. En conclusión, la tesis ha permitido establecer el diseño de la planta productora de leche de soya con sus respectivos equipos, considerando la producción actual y el futuro incremento del mismo.

Entre los puntos en los cuales se debe hacer un estudio luego de implementada la planta se encuentra el de penetración de calor en el pasteurizador real, con el fin de obtener el tiempo y Temperatura ideal para el proceso de pasteurización, el cual permite retener la mayor cantidad de nutrientes como las Vitaminas A, D y B12, además de proteínas como Lisina, Treonina y Leucina.

Se recomienda el uso de filtros y magnetos antes del llenado que impidan el paso de partículas extrañas en el alimento.

Se recomienda la revisión de los equipos y lavado de estos antes de cualquier producción, con la finalidad de evitar la posible contaminación cruzada de la leche de soya.

## 7. Agradecimiento

A Nuestra familia y amigos que nos ayudaron durante este tiempo y en especial a la MSc. Fabiola Cornejo por su invaluable ayuda.

## 8. Bibliografía y Referencias

[1] I. NELSON M. I. STEINBERG, L. S. WEI, ILLINOIS PROCESS FOR PREPARATION OF SOYMILK, January 1976.

[2] ANA CASP VANACOCKA, Diseño de Industrias Agroalimentarias, Ediciones Mundi-Prensa, 2005.

[3] ANGEL LUIS MIRANDA, Enciclopedia de la Climatización, Ediciones CEAC, 2004.

[4] C. J. Geankoplis, Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias, Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. de Mexico, 1998.

[5] Johnson W.K. and Snyder, H.E. Soymilk, Comparison of Processing Method. Yield and Composition, 1978.

[6] José Ramírez Vázquez, Luminotecnia, Ediciones CEAC, 1982.

[7] R. Muther, Planificación y Proyección de la Empresa Industrial (Método SLP). Editorial Técnicos Asociados S.A., Barcelona, 1968.

[8] Robert H. Perry, Manual del Ingeniero Químico Tomo 2, Sexta Edición, McGraw-Hill, 1994.

[9] Warren L. McCabe- Julian C. Smith- Peter Harriott, Operaciones Unitarias de Ingeniería Química, Mc.Graw Hill, 1998.

[10] Hogar de Cristo, disponible en <http://www.hogardecristo.org.ec/index.html>

[11] Tripod, Disponible en <http://malaga2004.pe.tripod.com/>

[12] En Buenas Manos, disponible en <http://www.enbuenasmanos.com/articulos/muestra.asp?art=874> Leche de Soja

[13] Unites States Department of Agriculture, disponible en [http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/cgi-bin/list\\_nut\\_edit.pl](http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/cgi-bin/list_nut_edit.pl)

[14] Wikipedia, disponible en [http://en.wikipedia.org/wiki/Soy\\_milk](http://en.wikipedia.org/wiki/Soy_milk) Leche de Soja.

[15] Lenntech, Disponible en <http://www.lenntech.es/procesos/dsinfeccion/quimica/desinfectantes-cloro.htm>

[16] Universidad Politécnica de Valencia, Disponible en [http://personales.upv.es/~jniclos/PROYECTOS\\_IM/TRANSPARENCIAS/12.%20TEMA%2012.pdf](http://personales.upv.es/~jniclos/PROYECTOS_IM/TRANSPARENCIAS/12.%20TEMA%2012.pdf)

[17] Gestipolis, Disponible en <http://www.gestipolis.com/canales/emprededora/articulos/22/landscape.htm>