

DISEÑO Y MONTAJE DE UN CONTROL DE NIVEL PARA UNA ENVASADORA DE LÁCTEOS.

INDIRA MARCELA GIRALDO BETANCUR



***UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE MANIZALES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
POSGRADO EN AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL
2004***

DISEÑO Y MONTAJE DE UN CONTROL DE NIVEL PARA UNA ENVASADORA DE LÁCTEOS.

INDIRA MARCELA GIRALDO BETANCUR
Código: 7102517

Trabajo de grado
Modalidad informe final para optar por el título de
Especialista en Automatización Industrial

Director
MSc. NICOLÁS TORO GARCIA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE MANIZALES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
POSGRADO EN AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL
2004

CONTENIDO

RESUMEN	7
ABSTRACT	8
1. INTRODUCCIÓN	9
2. OBJETIVOS	11
2.1. <i>Objetivo General</i>	11
2.2. <i>Objetivos Específicos</i>	11
3. MARCO TEÓRICO	12
3.1. PRODUCTOS LÁCTEOS	12
3.1.1. <i>Leche</i>	12
3.1.2. <i>Productos Lácteos Fermentados</i>	13
3.2. ETAPAS DE PRODUCCIÓN DE LA LECHE DE CONSUMO	14
3.2.1. <i>Clarificación</i>	14
3.2.2. <i>Estandarización</i>	14
3.2.3. <i>Pasterización</i>	14
3.2.4. <i>Homogenización</i>	15
3.3. ETAPAS DE PRODUCCIÓN DEL YOGUR	15
3.4. ENVASADO	15
3.5. NECESIDAD DEL ENVASADO	16
3.6. MATERIALES Y MAQUINARIA DE ENVASADO	18
3.6.1. <i>Materiales de envasado</i>	18
3.6.2. <i>Maquinaria de envasado</i>	20
3.7. NECESIDADES DE AUTOMATIZACIÓN	26
3.7.1. <i>Los Sensores</i>	27
3.7.2. <i>Transmisores</i>	32
3.7.3. <i>Controlador</i>	32
3.7.4. <i>Elemento final de control</i>	33
4. DISEÑO	35
4.1. SENSOR DE NIVEL	36
4.2. ELEMENTO FINAL DE CONTROL	38
4.3. BOMBA	39
4.3.1. <i>Bomba centrífuga</i>	40
4.4. COMPRESOR	41
4.4.1. <i>Regulador de Presión</i>	41
4.5. PLC	42
4.6. SELLADO	42
4.7. NECESIDAD DE ENVASADORAS EN EL SECTOR	43
5. RESULTADOS	47

	4
5.1. ENVASADORA ORIGINAL	47
5.2. ENVASADORA MODIFICADA	52
5.3. ANÁLISIS ECONÓMICO	57
5.3.1. Disminución de los tiempos de envasado	58
5.3.2. Pérdidas de producto y envase	58
5.3.3. Ahorro en mano de obra	59
5.3.4. Ahorro total	60
5.4. ENVASADORA VERTICAL AGIL INGENIERÍA.	60
CONCLUSIONES	64
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1: Ciclo del envasado	17
Figura 3.2: Máquina vertical con un sellador longitudinal especial	23
Figura 3.3: Envasadora vertical automática llenadora, formadora, selladora	23
Figura 3.4: Principio del cerrado por impulso térmico.	24
Figura 3.5: Principio de cerrado por banda rotatoria	25
Figura 3.6: Principio de sellado por varilla caliente.	25
Figura 3.7: Medidor de nivel de desplazamiento	29
Figura 3.8: Medidor de capacitancia	30
Figura 3.9: Medidor ultrasónico	31
Figura 3.10: Medición por rayos gamma	31
Figura 4.1: Diagrama de fuerzas en el flotador	37
Figura 4.2: Crecimiento de la producción de leche en Colombia 1999 – 2001 y su tendencia	45
Figura 4.3: Producción de leche por regiones en el periodo 1990 - 2001	46
Figura 5.1: Dimensiones del tanque de almacenamiento	48
Figura 5.2: Variación de los datos para un volumen de 500 cm ³	51
Figura 5.3: Variación de los datos para un volumen de 1000 cm ³	52
Figura 5.4: Establecimiento de la altura para el instrumento de medida	53
Figura 5.5: Diseño de la barra selladora	54
Figura 5.6: Variación de los datos para un volumen de 100 cm ³	56
Figura 5.7: Variación de los datos para un volumen de 500 cm ³	57
Figura 5.8: Variación de los datos para un volumen de 1000 cm ³	57
Figura 5.9: Aproximación a la envasadora AGIL Ingeniería	62

LISTA DE TABLAS

Tabla 3.1: Composición general de la leche	13
Tabla 3.2: Constantes físicas de la leche	13
Tabla 3.3: Algunas definiciones de envasado	16
Tabla 4.1: Datos necesarios para el diseño del flotador	38
Tabla 4.2: Conductividades térmicas del aluminio y bronce	43
Tabla 5.1: Datos obtenidos de la envasadora original	50
Tabla 5.2: Datos obtenidos de la envasadora original	55
Tabla 5.3: Tiempos de envasado	58
Tabla 5.4: Costos del procesamiento de 1 L de leche	59
Tabla 5.5: Valor de pérdidas en las líneas de envasado.	59
Tabla 5.6: Valores ahorrados por mes con la envasadora modificada	60

RESUMEN

En el siguiente documento se desarrolla el diseño e implementación de un control de nivel económico, para la completa automatización de envasadoras verticales, llenadoras y selladoras, encargadas de envasar productos lácteos (leche y yogur). Contando con la elección de los elementos del lazo de control, su respectivo diseño y su implementación en planta; teniendo en cuenta el manejo especial que se debe tener con los productos de consumo humano, lo que le da un carácter especial a la elección de los materiales para cada instrumento. Además se realiza una evaluación económica debida a la utilización de la envasadora automática en la planta procesadora de productos lácteos.

ABSTRACT

In the following document it is developed the design and implementation of a economic control of level for the filling and sealed vertical packing complete automatization, ordered to package milky products (milk and yogur). Counting on the election of the elements of the control loop, its respective design and its implementation in plant; considering the special handling that must have products of human consumption, it gives a special character to the election of the materials for each instrument. In addition an economic evaluation is made due to the use of the automatic packer in the milky product processor plant.

1. INTRODUCCIÓN

La crisis cafetera ha provocado un bajón económico en la región del Viejo Caldas, por lo cual los agricultores han tenido que buscar otras alternativas. Es así como se han formado pequeñas agroindustrias cuyo objetivo principal es darle un valor agregado a los diferentes productos agrícolas que se producen en la región.

Se cuenta con un grupo de agricultores en San Clemente corregimiento de Guatita Risaralda, los cuales han formado una Cooperativa para procesar la materia prima que ellos producen, entre las cuales se tienen principalmente la leche y la carne aunque también producen variedad de frutas y hortalizas, encontrando una forma de salir de la crisis.

En la actualidad la Cooperativa Agroindustrial de San Clemente entrega al mercado diferentes productos como lo son: leche pasteurizada, yogurt, queso, carnes frías y algunos dulces de leche. Su planta procesadora ha sido bien desarrollada contando con líneas de proceso completas.

La principal debilidad de la planta se encuentra en el envasado de sus productos, ya que para el envasado de productos líquidos cuentan con una envasadora semiautomática, y para productos sólidos, el envasado se realiza de forma manual.

En estos momentos la demanda de los productos lácteos es grande y han encontrado problemas de ventas debido al mal envasado de cada producto ya que la dosificación que realiza la envasadora no es correcta; este problema se debe a que la dosificación en la envasadora se realiza por medio de temporizadores los cuales cuentan con tiempos constantes para cada presentación, lo cual sería ideal si el tanque contará con un nivel constante.

Es precisamente este punto el que es necesario corregir para tener un producto que este bien presentado, que a su vez tenga un volumen constante dentro del envase para poder capturar clientes fieles y tener un mercado constante para estos.

El problema es sencillo si no se cuenta con el bajo presupuesto que posee la Cooperativa en el momento, para invertir en tecnología adecuada para resolver sus problemas. La alternativa más sencilla es comprar una envasadora con tecnología de punta que resuelva todos los inconvenientes, pero a su vez es difícil ya que en estos momentos la Cooperativa por ser nueva aún no cuenta con capital para invertir y el capital inicial se destino a constituir de manera correcta las líneas de producción.

Por estos motivos es necesario darle una solución adecuada al problema y a su vez que esta sea la más viable económicamente, con lo cual la solución del problema se limita demasiado ya que para nadie es un secreto que la automatización demanda una inversión que normalmente es grande.

De esta manera en el desarrollo de este trabajo se encontrará en la primera parte una revisión bibliográfica sobre los productos que manejará la envasadora así como de las diferentes formas en que se puede medir y controlar el nivel, y por último pasar a la solución dada y ver que tan efectiva puede llegar a ser.

En la realización de este trabajo, especialmente en la búsqueda del estado del arte se encontró que el desarrollo de envasadoras para la pequeña industria es poco, contando solo con una empresa que las produce en la región a costos altos, lo cual hace pensar que a futuro podría ser un buen negocio producir envasadoras de líquidos y sólidos; dándole una solución a las nuevas empresas que necesitan entregar sus productos al mercado de la manera adecuada.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

- Diseñar y montar un control de nivel para la envasadora de productos lácteos.

2.2. Objetivos Específicos

- Selección de la Instrumentación necesaria en el envasado de derivados lácteos.
- Diseño de la estrategia de control para solucionar el problema de volumen en el envasado de derivados lácteos.
- Implementación del control propuesto en la planta.

3. MARCO TEÓRICO

El desarrollo de este trabajo se realizó con base en el envasado de productos lácteos, lo que le da un carácter especial, ya que este tipo de productos deben tener un tratamiento adecuado por ser utilizados directamente en la alimentación de seres humanos.

A continuación se presentará un compendio de la bibliografía consultada dentro del desarrollo de este trabajo, en el cual se abordaran temas relacionados con los conceptos básicos necesarios para entender que son y como se manejan los productos lácteos, la necesidad de envasar de la mejor manera un producto en cualquier mercado, así como la de deducir porque es necesario orientar todo el esfuerzo en la consecución de maquinaria que cada vez se adapte más a las condiciones del mercado.

3.1. PRODUCTOS LÁCTEOS

El nombre genérico de productos lácteos se aplica a la leche, y sus derivados entre los que contamos con los extraídos directamente de ella como la crema y la manteca, y los fabricados con ella como el yogur y los quesos entre otros.

3.1.1. Leche

La leche es el primer alimento del hombre, su principal fuente de nutrientes desde el momento del nacimiento. Es el mejor alimento natural porque contiene cantidades relativamente importantes de unos 55 nutrientes esenciales para el hombre.

Se entiende por leche natural el producto íntegro, no alterado ni adulterado y sin calostros, del ordeño higiénico, regular, completo e ininterrumpido de las hembras mamíferas. En general, se entiende la leche como la de la vaca, y cuando nos referimos a las de otros animales se indica el nombre de la especie correspondiente [1].

Desde un punto de vista físico-químico, la leche es un sistema coloidal constituido por una solución acuosa de lactosa (5%), sales (0.7%) y muchos otros elementos en estado de disolución, en donde se encuentran las proteínas (3.2%) en estado de suspensión y la materia grasa en estado de emulsión. La composición general de la leche se encuentra en la tabla 3.1, en la que los datos cuantitativos son sólo aproximados, ya que varían en función de múltiples factores [2].

La leche tiene normalmente un sabor suave, agradable y ligeramente dulce. Los métodos modernos de obtención y refrigeración de la leche en la granja, han contribuido de forma muy importante a la conservación del gusto característico de la leche.

El color de la leche tiene una cierta importancia en la industria lechera, ya que este es un indicativo de su riqueza en grasa, y su grado de blancura varía con el número y tamaño de

las partículas en suspensión (glóbulos grasos, fosfatos, micelas de caseína, citratos de calcio).

Tabla 3.1: Composición general de la leche

COMPOSICIÓN GENERAL DE LA LECHE	
Componentes mayoritarios	
• Agua	86,9%
• Materias grasas	3,9%
• Proteínas y sustancias nitrogenadas no proteicas	3,2%
• Carbohidratos	5,1%
• Sales	0,9%
Componentes minoritarios	
• Enzimas	
• Vitaminas	
• Pigmentos (Carotenos, xantofilas, riboflavina)	
• Células diversas (Células epiteliales, leucocitos, bacterias, levaduras, mohos)	
• Otros elementos	
• Sustancias extrañas	

En la tabla 3.2, se podrán apreciar algunos intervalos de las medidas físicas de la leche en condiciones normales; estas medidas varían considerablemente dependiendo del tipo de leche que se este tratando.

Tabla 3.2: Constantes físicas de la leche

CONSTANTES FÍSICAS DE LA LECHE	
Punto de congelación	-0,52 y -0,56°C
Punto de ebullición	100,5°C
Densidad de la leche (15°C)	1,028 – 1,035 g/ml
Viscosidad (20°C)	2,1 CP
Conductividad eléctrica (25°C)	0,005 ohm ⁻¹

3.1.2. Productos Lácteos Fermentados

La utilización de microorganismos como agentes de transformación es una práctica muy antigua y ha tenido una gran contribución en la expansión del consumo de leche y sus derivados porque permite la obtención de productos con excelentes características organolépticas y nutritivas; dentro de estos lácteos fermentados tenemos el yogur como un coagulado de la leche.

La legislación define el yogur como un producto de la leche coagulada obtenido por fermentación láctica mediante la acción de los microorganismos *Lactobacillus bulgaricus* y

Streptococcus thermophilus, a partir de una leche pasteurizada, nata pasteurizada, leche concentrada, leche parcial o totalmente desnatada con o sin adición de leche en polvo [2].

3.2. ETAPAS DE PRODUCCIÓN DE LA LECHE DE CONSUMO

Se entiende por leche de consumo directo o leche higienizada la que solamente ha sido sometida a tratamientos como la clarificación, la estandarización, la pasterización y la homogenización. En este tipo de leche, es muy importante considerar aspectos como el sabor y el tiempo de conservación.

El sabor del producto comercial debe ser muy parecido al de la leche original, por esta razón es importante controlar el sabor de la leche cruda comprobando su olor en el tanque de refrigeración, en su recepción y antes de proceder a su higienización.

El tiempo de conservación de la leche pasteurizada se puede predecir realizando un análisis microbiológico de la leche que llega a la central.

En el momento de la recepción, la leche debe bombearse evitando la ruptura de los glóbulos grasos y la entrada de aire en las tuberías por las que circula.

3.2.1. Clarificación

Consiste en aplicar una fuerza sobre la leche, para eliminar las partículas más densas, como restos celulares, leucocitos y sustancias extrañas. Sin este tratamiento, las partículas formarían un sedimento en la leche homogenizada, lo cual se haría visible en cualquier forma de envasado del producto [2].

3.2.2. Estandarización

La leche debe cumplir con normas composicionales, lo cual implica un control preciso del porcentaje de materia grasa durante la estandarización del producto. La estandarización puede realizarse en cubas o en continuo [2].

3.2.3. Pasterización

La pasterización es un tratamiento térmico que persigue un doble objetivo: obtener una leche sana y prolongar su vida útil. El tratamiento debe cumplir unos mínimos de temperatura y duración. Sin embargo, con el fin de prolongar el tiempo de conservación de las leches pasterizadas, se aplica generalmente un tratamiento más severo en temperatura y/o tiempo. En este caso, es importante no sobrepasar los límites por encima de los cuales aparecería en la leche un gusto a cocido o se perdería parte de su valor nutritivo.

Para mejorar el sabor de la leche, el pasterizador puede equiparse con una cámara de vacío que permite la extracción de algunos compuestos volátiles [2].

3.2.4. Homogenización

La homogenización de la leche de consumo es una práctica generalizada porque presenta la ventaja de estabilizar la emulsión grasa y mantenerla uniformemente dispersa en el líquido, por otra parte, este tratamiento confiere a la leche un sabor más dulce y una textura más suave.

La eficacia de la homogenización depende principalmente de tres factores: la temperatura, la presión y el tipo de válvula utilizado. Lógicamente, la homogenización debe realizarse a una temperatura a la que toda la grasa esté en estado líquido, porque si no, se produciría el batido.

Después de la homogenización es necesario envasar y refrigerar. El envasado será tratado con especial cuidado por constituir el tema principal de este trabajo [2].

3.3. ETAPAS DE PRODUCCIÓN DEL YOGUR

El proceso de producción del yogur es sencillo, primero la leche debe pasar por el tratamiento normal que sufre la leche de consumo, es decir: clarificada, estandarizada, pasterizada, y homogenizada. Pasadas estas etapas, la leche es inoculada con un cultivo de fermentos lácticos procedentes de los depósitos en proporciones que deben ser calculadas. Tras un periodo de incubación, se le añaden los distintos ingredientes, se envasa y se refrigera a una determinada temperatura para controlar la actividad bacteriana y asegurar el tiempo de conservación del yogur.

Para la obtención de los diferentes tipos de yogur se pueden introducir muchas modificaciones en el proceso de elaboración [2].

3.4. ENVASADO

La provisión de alimentos en buenas condiciones es un deber de la industria alimentaria, así como garantizar frescura y una cómoda manipulación; siendo esencial la prevención de pérdidas tanto para el status económico del país como para el de la propia industria [3].

En muchos casos, los alimentos deben estar disponibles al consumidor la mayor parte del año independientemente de la época en que este se produzca, de este modo, la conclusión final es que el producto debe de estar envasado.

Es necesario definir de alguna manera el envase, y para esto encontramos diversas formas de hacerlo, las cuales se presentarán en la tabla 3.3. Es preciso aclarar que se abordará el tema de envasado exclusivamente para productos alimenticios.

Tabla 3.3: Algunas definiciones de envasado

DEFINICIONES DE ENVASADO
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Un sistema coordinado de preparación de productos para el transporte, la distribución, el almacenaje, la venta al detalle y uso final.</i> • <i>Un medio de asegurar el suministro seguro hasta el último consumidor en condiciones adecuadas a un coste global mínimo.</i> • <i>Una función tecno-económica dirigida tanto a minimizar costes de suministro como a maximizar las ventas (y de aquí, beneficios).</i> • <i>Medio de suministrar al consumidor un alimento de igual calidad a la de los productos frescos.</i> • <i>Segmento de negocios complejo, dinámico, científico, artístico y controvertido.</i>

De las anteriores definiciones podríamos concluir que el principal objetivo que debe cumplir un envase es “mantener en condiciones óptimas el producto durante su vida útil y darle una adecuada presentación, de tal manera que sea cómoda de comprar y consumir, manteniendo un equilibrio entre el costo del envase y el del producto” [3].

El envase está destinado a contener los productos lácteos en las redes de producción y distribución.

En la figura 3.1 se presentará un diagrama en el que se muestra el ciclo del envasado dentro de cualquier industria [3].

Con el tiempo, el envase recuperable ha sido sustituido por el envase desechable por diversas razones: es más barato, permite la total automatización de las líneas de producción.

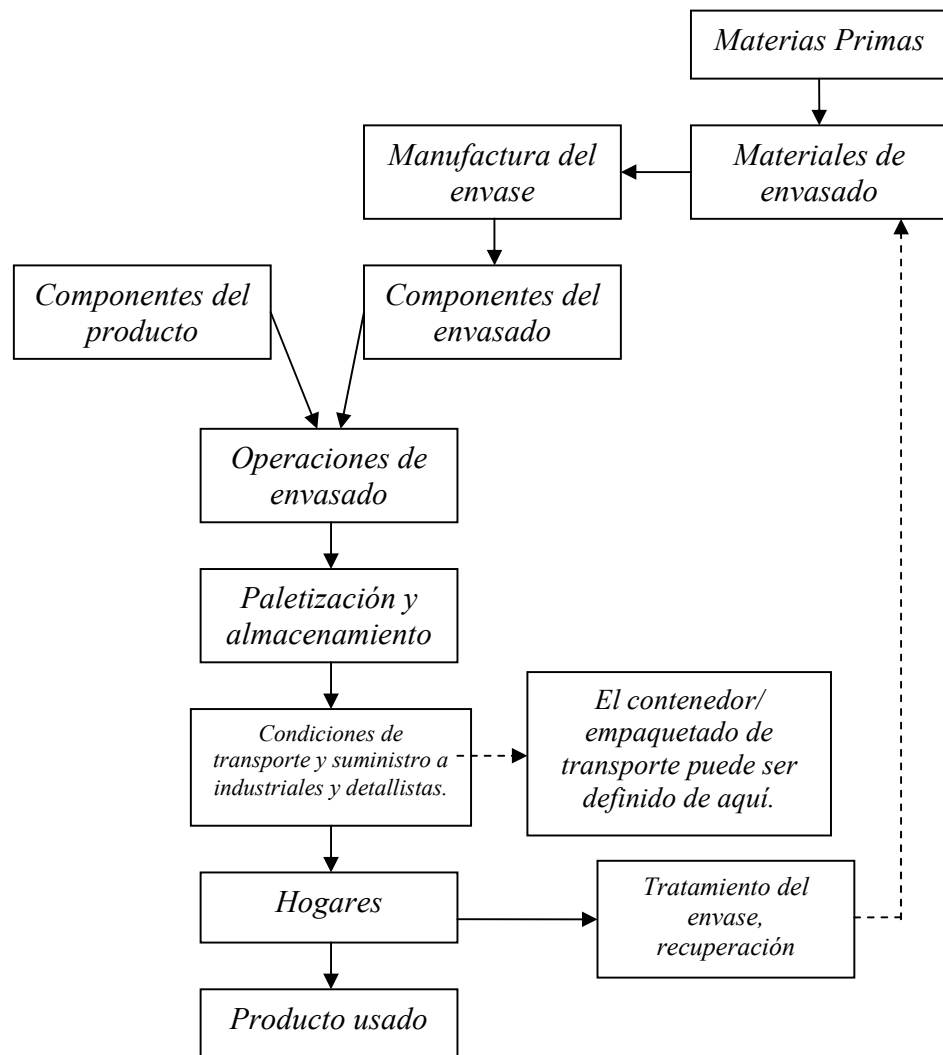
En conclusión, el envase contiene, protege y mantiene, e informa. Y forma dentro del círculo de comercialización de un producto una parte muy importante para hacerlo llegar en buenas condiciones hasta su consumidor final.

3.5. NECESIDAD DEL ENVASADO

El envasado eficiente se convierte en una necesidad para la industria que comercialice los productos lácteos. Se convierte en un lazo esencial entre industria y consumidores.

Toda la experiencia, calidad y confianza vertidas en el producto durante su desarrollo y producción se desperdiciará si no se toma especial interés en que llegue al consumidor en óptimas condiciones.

Figura 3.1: Ciclo del envasado



Un procedimiento de envasado requiere un gran número de conocimientos y técnicas especializadas, así como de maquinaria específica para elaborar un envase que debe proporcionar los requerimientos básicos con que este debe contar, entre estos requerimientos contamos entre los más importantes con [3]:

- **Contención:** el envase debe mantener seguros sus contenidos desde el final de la línea de envasado hasta el momento en que todo el alimento ha sido consumido.
- **Protección y conservación:** el envase debe proteger el alimento tanto de daños mecánicos durante su manipulación como del deterioro debido a los diferentes ambientes por los que pasará el envase durante su distribución y almacenamiento en el hogar.

- **Comunicación:** todo envasado de alimentos debe comunicar. No solamente debe identificar los contenidos y los requerimientos legales de etiquetado, ya que, a menudo, el envase es un factor importante en la promoción de ventas. También la unidad de carga y el envasado de transporte deben de informar al transportista acerca de su destino, instrucciones sobre su manejo y almacenamiento del alimento, así como informar al detallista acerca del método de apertura del envase, e incluso proponer la mejor manera de exponer el producto.
- **Facilidad de fabricación (Maquinabilidad):** la mayoría de los envases individuales y muchos embalajes de transporte están actualmente dispuestos verticalmente, llenados, cerrados y encolados en maquinaria que opera a velocidades de 1.000 unidades por minuto, o más. Por tanto, deben realizar estas operaciones sin demasiados paros, o el proceso resultará en demasiado desperdicio de material y será antieconómico. Aún tratándose de pocas cantidades y en realizaciones de operaciones especializadas, es importante que las operaciones de llenado y cerrado se realicen óptimamente.
- **Comodidad y uso:** las impresiones más comunes de comodidad en el envase para venta al detal de alimentos son aquellas que proporcionan una fácil apertura, manejo y/o un uso posterior. El contenedor de envío o transporte, al igual que el envasado primario, debe proporcionar comodidad en todas las etapas desde la línea de envasado, pasando por el almacenamiento hasta su distribución, así como satisfacer las necesidades del usuario del producto.

3.6. MATERIALES Y MAQUINARIA DE ENVASADO

Cuando vamos a seleccionar un sistema de envasado para un producto determinado, es preciso tener en cuenta factores como:

- Método de producción
- Forma de exposición del producto
- Apreciaciones económicas
- Características del producto
- Propiedades de los materiales de envasado

Independiente del mercado al que se dirijan, para envasar un productos se debe tener en cuenta los factores anteriores. Ahora, cuando decidimos los métodos de producción, se debe pensar en si los materiales utilizados en el envasado se pueden manejar con las máquinas existentes, o si una determinada máquina puede hacer todo el trabajo requerido para el envasado del producto. También es necesario observar si los operarios tienen la habilidad para el manejo de la operación de envasado.

3.6.1. Materiales de envasado

El éxito de cualquier material de envasado depende en última instancia de sus propiedades y características, con relación a su coste.

Entre los materiales de envasado contamos con: madera, metal, vidrio, papel, plástico, termoformado, moldeado por soplado entre otros. Cada uno de estos materiales presenta características que lo hacen presentar ventajas o desventajas frente a los otros, por ejemplo mientras el papel y el cartón presentan gran rigidez y facilidad de impresión a bajo costo, los plásticos son más fáciles de manejar y mucho más resistentes. El vidrio tiene la gran ventaja de no alterar en nada el producto.

Entre los materiales de envasado para productos lácteos tales como leche y yogur contamos con:

Envases de Cartón: a pesar de su escasa resistencia, es muy apreciado por los consumidores por su aspecto, su forma y su comodidad, además de asegurar una buena protección al producto. Está compuesto por cartón forrado de polietileno y generalmente se pre-forma en la fábrica. Algunas veces su fabricación es más sofisticada para responder a necesidades específicas.

Envases de Vidrio: prácticamente ha desaparecido de casi todos los mercados, aunque hay regiones que todavía lo emplean. La rigidez de este envase protege eficazmente al producto frente a las agresiones físicas y lo hace más atractivo. Las principales razones por las que se ha dejado de utilizar son la inversión que requiere, la creciente popularidad de los envases desechables y los métodos de distribución utilizados.

Envases de Plástico: la utilización de envolturas o sacos de películas plásticas para alimentos; poseen muchas ventajas para la industria lechera, entre las que podemos contar con: impermeabilidad, permiten ver el contenido, son resistentes, económicas, necesitan menos espacio para ser almacenados. Por otro lado este tipo de material exige un gran cuidado dependiendo del tipo de producto con el que estará en contacto; por tanto resulta importante conocer el tipo de impermeabilización de las películas más corrientes. Es necesario conocer algunas características de las películas plásticas más comunes, entre las cuales tenemos [4]:

- **Polietileno de baja densidad:** es la película plástica de uso más corriente en el envasado. Es resistente, transparente y tiene una permeabilidad relativamente baja al vapor de agua. Es químicamente muy inerte y carece prácticamente de olor y sabor. Una de sus principales ventajas es la facilidad con que puede cerrarse térmicamente. Posee una gran resistencia al desgarro y al impacto.
- **Polietileno de alta densidad:** es dos o tres veces más impermeable al vapor de agua y a los gases que el polietileno de baja densidad, y ofrece también mayor resistencia al paso de olores y aroma. Es más rígido que el de baja densidad y más resistente a la tensión, pero menos al impacto. Cuando se extruye por presión de aire en forma de película plana, resulta translúcido, pero puede fabricarse también completamente transparente.
- **Polipropileno:** se fabrica normalmente por extrusión sobre un tambor enfriado. La película producida de esta forma es de una transparencia considerable y recibe por

nombre película cast. Por lo general, la impermeabilidad de este es ligeramente superior a la del polietileno de alta densidad, pero la orientación del film de forma biaxial la reduce. El polipropileno tiene un punto de reblandecimiento todavía superior al del polietileno de alta densidad, pero tiende a hacerse quebradizo a bajas temperaturas.

- Cloruro de polivinilo: para este tipo de material se debe discutir si la película ha sido o no plastificada. En el envasado de alimentos se suele preferir la película no plastificada, ya que ello evita cualquier dificultad que pudiera surgir a la extractibilidad de los plastificantes por parte de los alimentos.

El cloruro de polivinilo es poco permeable al oxígeno, pero más al vapor de agua, que el polietileno de baja densidad. Tiene una gran resistencia a la grasa y a los aceites, incluidos los aceites esenciales.

- Poliestireno: existe también en la variante de película orientada y puede formarse a vacío o utilizarse como envoltorio encogible. Es muy permeable al vapor de agua y bastante a los gases. Una de sus principales ventajas es la de su absoluta transparencia.

Los envases plásticos son muy utilizados en el envasado de productos lácteos lo que los hace la mejor alternativa a la hora de envasar este tipo de productos.

Para este caso en específico se utilizará como material de envasado el polietileno de baja densidad por las condiciones que le ofrece al producto envasado, por su fácil adquisición en el mercado, así como por su facilidad para sellarse térmicamente.

3.6.2. *Maquinaria de envasado*

Un envase es utilizado para proteger y vender un producto, lo que requiere un proceso mecánico en una línea de envasado para llevar a cabo las operaciones necesarias para introducir eficientemente el producto en el envase.

La mayoría de las operaciones en una línea de envasado tienen que ver con el envase mismo, tales como formación o fabricación de saquitos, montado o cerrado de cajas de cartón, etc. Las operaciones secundarias tales como codificación, etiquetado, detección de metales, control de peso y agrupación antes de su despacho también tienen que ver con el envase principalmente. Sin embargo es obvio que la habilidad de la línea de envasado para manejar el producto también es importante. La línea debe introducir el producto en el envase de manera económica, en las condiciones deseadas, y a la velocidad y en la cantidad requerida [3].

El rendimiento de una línea de envasado está muy relacionada con el tipo de producto, de este modo, hasta que no se tome una decisión sobre el estilo del envase que mejor se acomode a un producto, no se puede empezar a trabajar a nivel de ingeniería en la línea de envasado.

El producto, el envase y la maquinaria forman parte de un sistema integrado. Si la máquina es la correcta ya tenemos solucionada la parte más delicada y precisa del sistema, ya que el producto y el envase serán probablemente más variables. De aquí que la maquinaria deba seleccionarse para acomodarla a las variaciones (en dimensión y propiedades críticas), que inevitablemente ocurrirán, tanto en el producto como en el envase [3].

Como se pudo observar en la parte anterior, en la industria de productos lácteos se manejan principalmente tres tipos de envase, los cuales cuentan con diferentes operaciones de envasado, estas operaciones se explicarán a continuación.

- *Encajado*: un sistema de encajado combina una caja especial con la maquinaria para montarla a partir de su disposición plegada o plana, llenarla con el producto y cerrarla. Esta maquinaria varía desde la de alimentación manual hasta las estaciones automáticas acopladas con medios para empaquetar las cajas directamente dentro del envase terciario para su despacho. En cualquier sistema se tienen tres operaciones principales a realizar [3]:
 - Formación o montado del envase
 - Carga o llenado del envase
 - Sellado o cerrado

La idea principal que motivó este tipo de envase fue:

- Formación de envase y su llenado simultáneo en un proceso continuo
 - Cerrado de dichos envases por debajo del nivel del líquido, de forma que estos queden llenos.
 - Proteger la bebida de la luz, oxidación, etc.
 - Conservar en óptimas condiciones la bebida durante un largo período de tiempo, sin necesidad de cadena de frío.
- *Embotellado*: una línea de embotellado normalmente es una serie de máquinas automáticas conectadas por una cinta transportadora o por un grupo muy sofisticado y totalmente automatizado de unidades completamente integradas por la colocación de un dispositivo sincronizado. La producción máxima de las líneas semi-automáticas depende en gran medida de la destreza de los operadores de las máquinas individuales, y las velocidades de operación de estas varían entre 30 y 60 unidades por minuto. Para mejorar esta velocidad se necesita una línea de embotellado totalmente automática.

Durante un tiempo, las líneas de embotellado solo manejaban botellas de vidrio, mientras que hoy en día pueden ser también de diferentes plásticos, donde estos recipientes pueden tener diversas formas; estas botellas pueden ser llenadas con líquidos o con sólidos, cada operación tanto de líquidos como de sólidos se realizaría con un tipo de envasadora diferente.

Las botellas son manejadas en una línea automática de embotellado, donde los principales procesos de embotellado que se manejan son [3]:

- Alimentación de la botella
 - Limpiado de la botella
 - Llenado
 - Cerrado
 - Etiquetado
 - Revisión y embalaje
- *Máquinas de formado, llenado y sellado*: estas máquinas utilizan una bobina de material flexible que es transformada en un tubo, sella y llena a intervalos regulares, o pliega a lo largo y sella de forma angular los pliegues para formar una serie de saquitos que son llenados y cerrados.

Las máquinas del primer tipo forman bolsitas con ambos extremos sellados y por el centro de una cara, mientras que las del segundo tipo produce saquitos con tres o cuatro extremos sellados.

Este tipo de máquinas se puede dividir en tres tipos [3] : máquinas verticales, máquinas horizontales y máquinas formadoras de saquitos. De estas tres opciones la que más nos interesa es las máquinas verticales ya que las otras dos son utilizadas en el envasado de productos sólidos.

- Máquinas verticales:

Donde se da forma de tubo al material en una sección circular sobre un collar formador. En este tipo de máquinas, se producen tres tipos de envase entre los que contamos con: envase con cabezal, envases saquito o sobres y envases de tiras.

La mayoría de estas máquinas utiliza una pieza de formación para convertir en tubo el material plano de la bobina. En la mayoría de máquinas con sistema de sellado horizontal existe un mecanismo que dirige el sellado. Las pinzas de sellado actúan juntas en el sellado transversal y luego bajan tomando la cantidad necesaria de material de la bobina. Al final de este paso se abren las pinzas y vuelven al principio del ciclo de cierre y tiro. El sellado vertical puede ser por solape o sellado de rebaba, según la presentación y el material de envase utilizado.

Hay otro tipo de sistema alternativo utilizado en algunas máquinas verticales de bolsas con cabezal, por medio de un sellador horizontal fijo que opera conjuntamente con un alimento de film realizado por fricción. Aquí, el mecanismo de sellado no opera con movimientos verticales; las pinzas sólo se abren y cierran en una secuencia determinada de tiempo. Los rodillos flexibles tipo gusano conducen la película por fricción contra el tubo de formado (Figura 3.2 y 3.3).

Figura 3.2: Máquina vertical con un sellador longitudinal especial

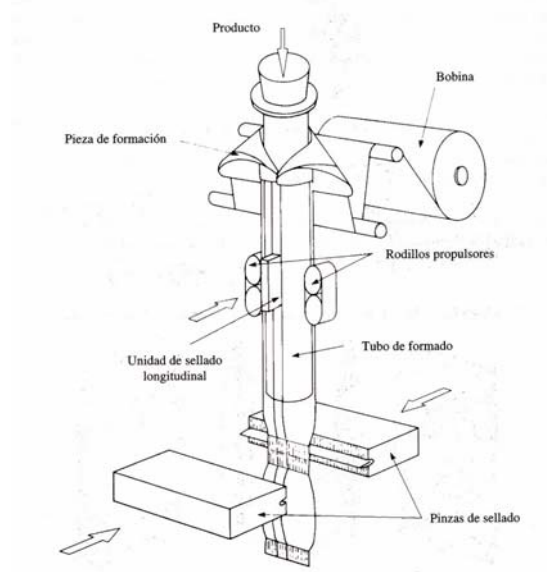


Figura 3.3: Envasadora vertical automática llenadora, formadora, selladora

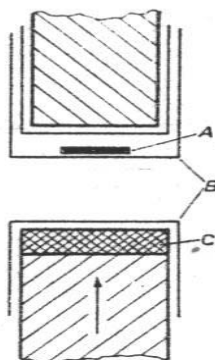


En estos equipos, es necesario utilizar diferentes técnicas de sellado para realizar el sellado transversal, el tipo de material que se seleccione tendrá una influencia vital en los sistemas de sellado a emplear, el principio general de sellado consiste en fundir dos películas termoplásticas por efecto del calor y si es preciso también por la presión. Inmediatamente después del proceso de soldadura los cierres son blandos y sin ninguna resistencia mecánica, pero recuperan su resistencia original después de su enfriamiento hasta temperatura ambiente. Durante el periodo de enfriamiento el cierre no debe someterse a ninguna tensión.

A continuación, se discutirán las técnicas de sellado comúnmente empleadas por la industria del envasado [4]:

- Sistema de cierre por impulso eléctrico: mediante este sistema (ver figura 3.4), las dos hojas plásticas se mantienen sujetas por presión entre dos barras de metal frías, fundiéndose a continuación por efecto de un corto impulso térmico y enfriándose seguidamente bajo presión. El calor es suministrado por delgadas tiras de metal de una gran resistencia eléctrica, que se calientan por un impulso eléctrico de corta duración y que se hallan sujetas a las barras que efectúan el cierre, pero aisladas de ellas eléctricamente. Al disiparse el impulso eléctrico, las resistencias y la soldadura se enfrían rápidamente debido a la buena conductividad térmica de las barras metálicas frías. Seguidamente, las pinzas se abren, lo que permite retirar el cierre que ya se ha enfriado adecuadamente. Para evitar que la película se pegue a las pinzas que efectúan la soldadura, éstas suelen recubrirse con una lámina adecuada (tejido a base de fibra de vidrio impregnado con teflón). Este tipo de pinzas suelen ser suficientes para soldar láminas plásticas de hasta 2 mm de grosor, pero no para soldar películas más gruesas.

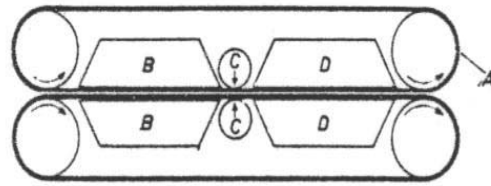
Figura 3.4: Principio del cerrado por impulso térmico.



- A. Elemento calefactor (resistencia eléctrica)
- B. Lámina deslizante (tejido vitrificado impregnado con teflón)
- C. Cubierta elástica

- Soldadoras de banda continua: en estos sistemas (ver figura 3.5), las películas plásticas se mantienen en contacto íntimo entre dos bandas continuas de acero, que las transporta sucesivamente entre pinzas de calentamiento y enfriamiento. Estas bandas continuas de acero poseen una gran conductividad térmica, lo que permite que el calor pase prácticamente en su totalidad a la película. Este sistema permite alcanzar una gran velocidad de soldadura, que oscila entre los 10-20 m/min. Estas instalaciones disponen de un dispositivo constituido por dos rodillos de presión que permiten presionar cuando ello sea necesario las bandas continuas de acero entre las que circulan las películas plásticas una vez soldadas.

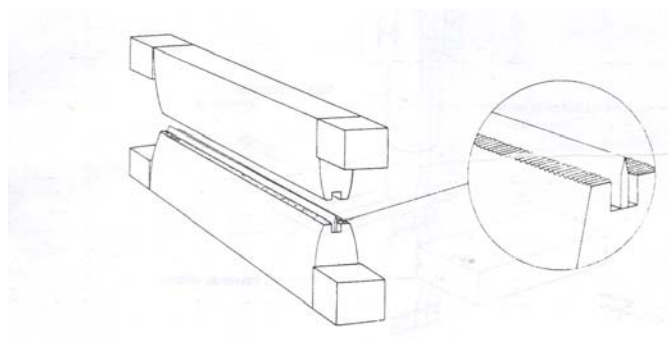
Figura 3.5: Principio de cerrado por banda rotatoria



- A. Cintas de acero sin fin
- B. Mordazas para la soldadura.
- C. Cilindros de presión
- D. Mordazas de enfriamiento

- Soldadura por alambre o varilla caliente o por calor radiante de llama: este sistema únicamente es utilizable en películas termoplásticas que son capaces de tolerar elevadas temperaturas en corto espacio de tiempo y que, una vez fundidas, tienen una gran viscosidad. Se utiliza principalmente para la elaboración de sacos o bolsas a partir de polietileno en forma tubular. La lámina plástica en forma de tubo es cortada en el lugar deseado por un alambre incandescente, una cuchilla de metal caliente o por una pequeña llama de gas, de forma que las láminas opuestas que forman el tubo se funden entre sí en esta operación. En máquinas mejores, la soldadura se presiona entre dos barras metálicas frías para asegurar su impermeabilidad.
- Soldadura por barra caliente: este tipo de soldadura es la más corriente (ver figura 3.6), pues es muy sencillo y no ofrece ningún tipo de problemas. El material de envasado se mantiene unido entre dos pinzas de metal permanentemente calientes. En estas condiciones la soldadura se efectúa con gran rapidez. La soldadura de películas plásticas muy delgadas se puede efectuar mediante pinzas de las que uno solo de los elementos se halla caliente. Este elemento presiona el material de envasado contra el elemento opuesto que se halla frío y que suele estar recubierto por teflón o goma de silicona. Este sistema se utiliza en grandes máquinas de envasar automáticas, para la producción y la soldadura de los envases.

Figura 3.6: Principio de sellado por varilla caliente.



La Cooperativa agroindustrial cuenta con una envasadora vertical semiautomática llenadora y selladora, la cual será modificada para realizar el envasado de sus productos de la manera correcta y eficiente.

3.7. NECESIDADES DE AUTOMATIZACIÓN

La función de la automatización de un proceso es suministrar las condiciones de operación bajo las que, ese proceso, funcionará con seguridad, será productivo y resultará rentable.

Una de las consecuencias más importante de la automatización y la mecanización de las operaciones tecnológicas sobre la leche, es el aumento de la productividad de las industrias lácteas. Durante mucho tiempo, la industria lechera concentró su esfuerzo y sus inversiones directas en la mejora de la calidad del producto, manteniendo en un segundo plano la productividad de la mano de obra directa. Sin embargo, desde los años 50, el interés se ha dirigido hacia el incremento de la productividad, aunque por supuesto, conservando e incluso mejorando la calidad del producto final. [5]

La automatización puede definirse como “La monitorización automática de un componente o proceso mediante sistemas mecánicos o electrónicos que reemplazan la supervisión, decisión o intervención humana” [2].

A la hora de automatizar se debe tener en cuenta que un control ineficaz puede ser costoso al causar paralizaciones de la planta por el disparo de los dispositivos de seguridad, al consumir recursos en exceso, al permitir que se fabriquen productos fuera de especificaciones y al restringir en forma innecesaria el índice de producción.

El grado de automatización requerido en una planta determinada está relacionado con [6]:

- La capacidad de trabajo del proceso
- La complejidad
- La existencia de condiciones de proceso críticas
- La utilización de la planta

Las razones de las tres primeras son obvias, pero la cuarta es relevante debido a que puede ser costoso encontrar o educar el personal adecuado para operar la planta. En algunos casos esta es la justificación principal para invertir en automatización.

En los inicios de la era industrial, el operario llevaba a cabo un control manual de estas variables utilizando sólo instrumentos simples como: manómetros, termómetros, válvulas manuales, etc. Control que era suficiente por la relativa simplicidad de los procesos. Sin embargo, la gradual complejidad con que éstos se han ido desarrollando ha exigido su automatización progresiva por medio de los instrumentos de medición y control. Estos instrumentos han ido liberando al operario de su función de actuación física directa en la planta y al mismo tiempo le han permitido una labor única de supervisión y de vigilancia del proceso desde centros de control situados en el propio proceso o bien en salas aisladas. Asimismo, gracias a los instrumentos ha sido posible fabricar productos complejos en condiciones estables de calidad y de características, condiciones que al operario le serían difíciles de conseguir, realizando exclusivamente un control manual [7].

Una planta puede operar de forma continua o discontinua, en estos dos tipos de operación es necesario para ejercer un control, mantener las variables (presión, nivel, temperatura, caudal, etc.) en un valor deseado. De esta forma un sistema de control puede definirse como aquel que “compara el valor de la variable o condición a controlar con un valor deseado y toma una acción de corrección de acuerdo con la desviación existente sin que el operario intervenga en lo absoluto” [6].

De esta forma es necesario presentar los cuatro componentes básicos en todo sistema de control, los cuales son:

3.7.1. *Los Sensores*

Están situados al principio del lazo de control, donde están en contacto con el producto cuyas características físicas o químicas van a monitorearse. En una instalación manual, el operador recoge esta información, entonces interviene utilizando los dispositivos adecuados.

Actualmente, en las industrias lácteas y de alimentación se están utilizando sistemas de automatización fiables y eficientes para recoger datos básicos como temperatura, presión, pH, caudal y la posición de un determinado elemento operativo como por ejemplo un indicador de nivel en un tanque o válvula.

El sensor debe ser sólido y fiable, y las averías fáciles de detectar y de reparar. Si es necesario, la precisión de las medidas no debe ir en detrimento de la simplicidad y el sensor no debe presentar deriva al cabo del tiempo, ya que aumentarían las diferencias entre los valores mostrados y los reales.

- ***Sensores de nivel*** [5, 7, 8]: en la Industria, la medición de nivel es muy importante, tanto desde el punto de vista del funcionamiento correcto del proceso como de la consideración del balance adecuado de materias primas o de productos finales.

Los instrumentos de nivel pueden dividirse en medidores de nivel de líquidos y de sólidos que son dos mediciones claramente diferenciables. Para el caso de este trabajo se trabajará solo medición de líquidos.

Los medidores de nivel de líquidos trabajan midiendo, directamente la altura de líquido sobre una línea de referencia, la presión hidrostática, el desplazamiento producido en un flotador por el propio líquido contenido en el tanque del proceso, ó aprovechando características eléctricas del líquido.

- *Instrumentos de medida directa:*

- *Medidor de sonda:* en general, este tipo de medidor consiste en una varilla o regla graduada, de la longitud conveniente para introducirla dentro del depósito. La

determinación del nivel se efectúa por lectura directa de la longitud mojada por el líquido.

- *Nivel de cristal:* consiste en un tubo de vidrio con sus extremos conectados a bloques metálicos y cerrados por prensaestopas que están unidos al tanque generalmente mediante tres válvulas, dos de cierre de seguridad en los extremos del tubo para impedir el escape del líquido en caso de rotura del cristal y una de purga.
- *Instrumentos de flotador:* consisten en un flotador situado en el seno del líquido y conectado al exterior del tanque indicando directamente el nivel. La conexión puede ser directa, magnética o hidráulica. Hay que señalar que en estos instrumentos, el flotador puede tener formas muy variadas y están formados por materiales muy diversos según sea el tipo de fluido.

Los instrumentos de flotador tienen una precisión de $\pm 0,5\%$. Son adecuados en la medida de niveles de tanques abiertos y cerrados a presión o al vacío, y son independientes del peso específico del líquido.

▪ *Instrumentos basados en la presión hidrostática*

- *Medidor manométrico:* consiste en un manómetro conectado directamente a la parte inferior del tanque. El manómetro mide la presión debida a la altura de líquido h que existe entre el nivel del tanque y el eje del instrumento. El instrumento sólo sirve para fluidos limpios. La medida está limitada a tanques abiertos y el nivel viene influido por las variaciones de densidad del líquido.
- *Medidor de membrana:* utiliza una membrana conectada con un tubo estanco al instrumento receptor. La fuerza ejercida por la columna de líquido sobre el área de la membrana comprime el aire interno a una presión igual a la ejercida por la columna de líquido. El volumen del aire interno es relativamente grande, por lo cual el sistema está limitado a distancias no mayores de unos 15 m debido a la compresibilidad del aire.
- *Medidor de tipo burbujeo:* emplea un tubo sumergido en el líquido a cuyo través se hace burbujear aire mediante rotámetro con un regulador de caudal incorporado. La presión del aire en la tubería equivale a la presión hidrostática ejercida por la columna de líquido, es decir, al nivel. El regulador de caudal permite mantener un caudal de aire constante a través del líquido independientemente del nivel. El nivel es medido mediante un manómetro de fuelles cuyo campo de medida corresponde a la presión máxima ejercida por el líquido.
- *Medidor de presión diferencial:* consiste en un diafragma en contacto con el líquido del tanque, que mide la presión hidrostática en un punto del fondo del tanque. En un tanque abierto esta presión es proporcional a la altura del líquido en ese punto y a su peso específico. En el caso de que el tanque este cerrado y bajo presión, hay que corregir la indicación del aparato para la presión ejercida sobre el

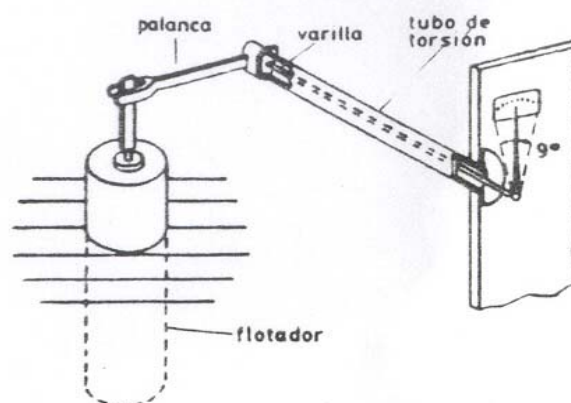
líquido debiendo señalar que la lectura será muy poco precisa. Si la presión es grande, se suele conectar un tubo en la parte superior del tanque y medir la diferencia de presiones entre la toma inferior y la superior, utilizando transmisores de presión diferencial de diafragma.

▪ *Instrumentos basados en el desplazamiento*

Este medidor consiste en un flotador parcialmente sumergido en el líquido y conectado mediante un brazo a un tubo de torsión unido rígidamente al tanque (figura 3.7). Dentro del tubo y unido a su extremo libre se encuentra una varilla que transmite el movimiento de giro a un transmisor exterior al tanque.

El tubo de torsión se caracteriza porque el ángulo de rotación de su extremo libre es directamente proporcional a la fuerza aplicada, es decir, al momento ejercido por el flotador. Al aumentar el nivel, el líquido ejerce un empuje sobre el flotador igual al volumen de la parte sumergida multiplicada por el peso específico del líquido, tendiendo a neutralizar su peso propio, así que el esfuerzo medido por el tubo de torsión será muy pequeño. Por el contrario, al bajar el nivel, menor parte del flotador queda sumergida, y la fuerza de empuje hacia arriba disminuye, resultando una mayor torsión.

Figura 3.7: Medidor de nivel de desplazamiento



▪ *Instrumentos basados en característica eléctricas del líquido*

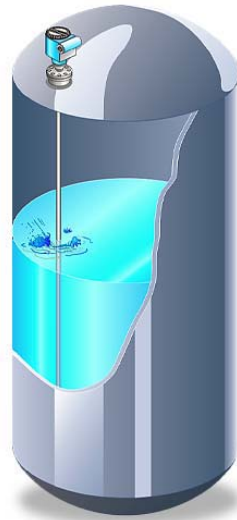
Este tipo de instrumentos son muy recomendados por su precisión debido a que no presentan problemas cuando aparecen dificultades con el líquido como lo son agitadores, espuma o sedimentos, o cambios de densidad, viscosidad entre otros.

- *Medidor de nivel conductivo:* consiste en uno o varios electrodos y un relé eléctrico o electrónico que es excitado cuando el líquido moja a dichos electrodos. El líquido debe ser lo suficientemente conductor como para excitar el circuito electrónico. Este instrumento se emplea como alarma o control de nivel alto y

bajo, utiliza relés eléctricos para líquidos con buena conductividad y relés electrónicos para líquidos con baja conductividad.

- *Medidor de capacitancia:* (figura 3.8) mide la capacitancia del condensador formado por el electrodo sumergido en el líquido y las paredes del tanque. La capacitancia del conjunto depende linealmente del nivel del líquido. En fluidos no conductores se emplea un electrodo normal y la capacitancia total del sistema se compone de la del líquido, la del gas superior y la de las conexiones superiores. En fluidos conductores, el electrodo está aislado usualmente con teflón interviniendo las capacitancias adicionales entre el material aislante y el electrodo en la zona del líquido y el gas. La precisión de los transductores de capacitancia es de $\pm 1\%$.

Figura 3.8: Medidor de capacitancia



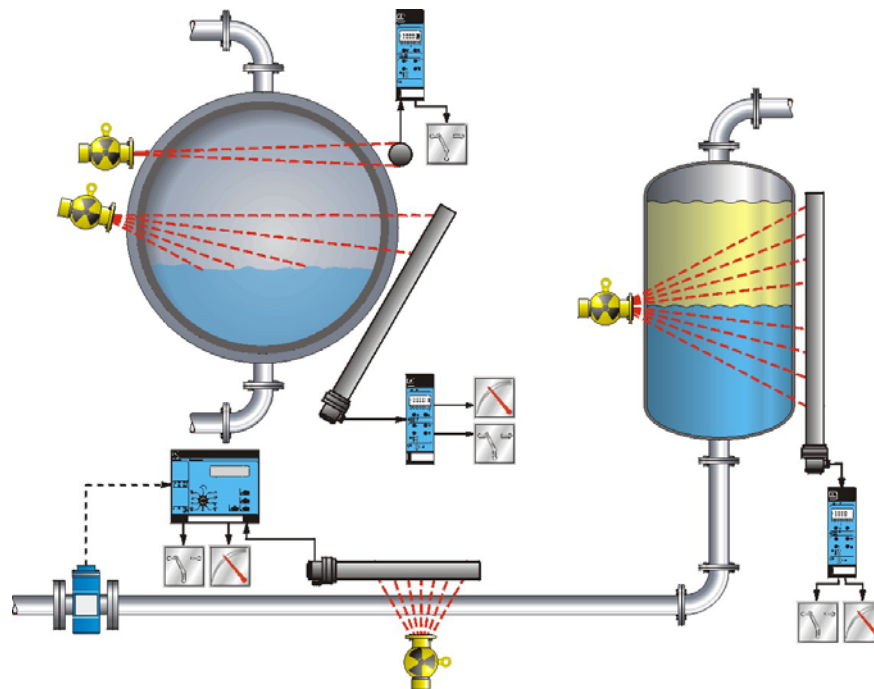
- *Sistema ultrasónico de medición de nivel:* (figura 3.9) se basa en la emisión de un impulso ultrasónico a una superficie reflectante y la recepción del eco del mismo en un receptor. El retardo en la captación del eco depende del nivel del tanque. Las medidas efectuadas por este instrumento son independientes del peso específico del líquido.

Figura 3.9: Medidor ultrasónico



- *Sistema de medición por rayos Gamma:* (figura 3.10) consiste en un emisor de rayos gamma montado verticalmente en un lado del tanque y con un contador Geiger que transforma la radiación gamma recibida en una señal eléctrica de corriente continua. Como la transmisión de los rayos es inversamente proporcional a la masa del líquido en el tanque, la radiación captada por el receptor es inversamente proporcional al nivel del líquido ya que el material absorbe parte de la energía emitida.

Figura 3.10: Medición por rayos gamma



3.7.2. Transmisores

Los transmisores [1] [7], son instrumentos que captan la variable de proceso y la transmiten a distancia a un instrumento receptor indicador, registrador, controlador o una combinación de estos.

Existen varios tipos de señales de transmisión: neumáticas, electrónicas, hidráulicas y telemétricas. Las más empleadas en la industria son las dos primeras.

Las señales han sido transmitidas tradicionalmente bien como señales neumáticas en el rango de 3 – 15 psi o como corriente eléctrica continua en el rango 4 – 20mA. El desplazamiento en el extremo inferior de cada rango se introdujo inicialmente para evitar la no linealidad y lentitud de la respuesta en dispositivos neumáticos en, o cerca de, la presión cero. La compresibilidad del aire impone una seria limitación en la respuesta en frecuencia de la transmisión neumática de datos, desplazando las ventajas de seguridad intrínseca y potencia disponible de manera inmediata de los actuadores neumáticos, como cilindros o diafragmas. Los métodos de transmisión por corriente continua están extendidos a causa de su inmunidad a los cambios de impedancia en los cableados y en los receptores, y su relativa inmunidad al ruido.

Las señales hidráulicas se utilizan ocasionalmente cuando se necesita una gran potencia y las señales telemétricas se emplean cuando hay una distancia de varios kilómetros entre el transmisor y el receptor.

3.7.3. Controlador

Cuando un sensor actúa directamente sobre el elemento final de control, es un tipo de automatización simple que no necesita un dispositivo de comandos. Sin embargo, cuando el tamaño de la instalación supera un cierto nivel y es posible diseñar una determinada secuencia lógica de operaciones, resulta necesario tener una unidad de mando que ejecute un programa concreto. Generalmente, el programador debe tener en cuenta los datos captados por los sensores con el fin de arrancar, acelerar o frenar la secuencia, o para pasar a la siguiente secuencia del programa pre-establecido. Estos dispositivos rempazan al operador en una instalación manual, y evitan los errores humanos cuando las órdenes que deben ejecutarse son numerosas y complejas. El siguiente paso del proceso se lleva a cabo con mayor precisión, inmediatamente después de que los datos indiquen que el paso previo se ha completado, y por lo tanto se ahorra mucho tiempo y aumenta la capacidad de producción [1].

Dentro de los controladores contamos con los PLC's (Programmable Logic Controller), o también llamado autómeta programable, es un dispositivo electrónico que puede controlar un proceso, sensando el estado de sus entradas y de acuerdo a un programa o lógica interna activar sus salidas, para modificar el sistema [10].

- ***Clasificación de los PLC***

Los PLC se pueden clasificar de acuerdo a las prestaciones que pueden brindar:

- **Gama Alta**

Es un PLC modular muy avanzado, con altísimas prestaciones de hardware, puede tener su propio sistema operativo (versión de Windows) y software de supervisión integrado, acceso a Internet y a bases de datos. Es utilizado en grandes empresas para sus sistemas de automatización, su costo es elevado.

- **Gama Media**

Es un PLC modular con algunas funciones incorporadas. Se utiliza en Empresas medianas y su costo no es muy elevado.

- **Gama Baja**

Es un PLC compacto, es decir, su expansión es muy reducida y todas las funciones están integradas en poco número, es bastante económico y simple de manejar. Se utiliza para pequeños montajes.

3.7.4. Elemento final de control

Frecuentemente se trata de una válvula de control, aunque no siempre. Otros elementos finales de control que se utilizan comúnmente son las bombas de velocidad variable, los transportadores y los motores eléctricos.

La válvula de control juega un papel importante en el bucle de regulación; el desarrollo de válvulas de alimentación automáticas, accionadas por aire comprimido, ha permitido la automatización de los circuitos que se utilizan para transportar líquidos entre las diferentes unidades del proceso. En general, las características sanitarias, dureza y fiabilidad de estas válvulas son esenciales para el correcto funcionamiento del sistema, y todas las empresas especializadas en automatización dan una gran importancia a estos elementos [7].

Como dentro de la automatización no hay intervención humana ni monitorización constante, las válvulas o dispositivos que están en contacto con el producto (bombas, agitadores, etc.), tienen que cumplir las normas de seguridad y demás requisitos de la industria alimentaria [1].

La importancia de todos los elementos que intervienen en el bucle de control estriba en que realizan las tres operaciones básicas que deben estar presentes en todo sistema de control, la cuales son [6]:

- Medición: es la acción de medir la variable que se controla, la cual se hace generalmente por la combinación de sensor y transmisor.
- Decisión: con base en la medición, el controlador decide qué hacer para mantener la variable en el valor que se desea.
- Acción: como resultado de la decisión del controlador se debe efectuar una acción en el sistema, generalmente ésta es realizada por el elemento final de control.

4. *DISEÑO*

La Cooperativa Agroindustrial del Instituto San Clemente Risaralda, se ha esforzado por dar una alternativa económica a los habitantes de la región, para que tengan una mejor fuente de ingresos. De esta manera la comunidad de San Clemente se ha interesado por darle un valor agregado a sus productos agrícolas. En esta búsqueda han encontrado ayuda de muchas entidades, tanto a nivel nacional como internacional; contando hoy en día con una planta de producción y proceso de lácteos al igual que de cárnicos bien constituida. Dentro de la línea de producción de lácteos se cuentan con productos como: leche, yogur, quesos, dulces de leche.

Estos productos crean la necesidad de ser envasados para su comercialización, para lo cual la Empresa en sus inicios contaba con una selladora térmica, la cual era suficiente para sus primeras producciones; pero con el aumento de la demanda de sus productos se volvió necesario invertir en una envasadora.

Por el bajo presupuesto con el que cuenta la Empresa, les fue obsequiado por la Comunidad Vasca una envasadora vertical manual, la cual consistía en una estructura metálica cuadrada, esta sostenía en su parte superior un tanque de almacenamiento dotado con un tubo en la parte inferior para la salida del líquido, así como de una selladora por impulso eléctrico. Esta envasadora era operada de manera manual, manejada por dos operarios, uno se encargaba de transportar el producto desde su tanque almacenador hasta el tanque de la envasadora al igual que el de llevar el producto envasado hasta su embalaje final, y el otro de la parte de sellado y conducción del envase. La exactitud en el envasado dependía totalmente del operario de turno, lo cual daba en el envase errores altísimos que afectaban directamente a la Empresa tanto en su economía como en el mercadeo de los productos.

Observando los errores ocasionados por este tipo de envasado, fue necesario buscar la forma de que el equipo controlara las diferentes dosificaciones de los productos líquidos que se manejan en la Cooperativa. Con este fin, fue contratada la Empresa AGIL ingeniería, la cual se encargo de dotar el equipo de un sistema electro mecánico, utilizando un PLC y un grupo de temporizadores.

De esta manera, La Cooperativa Agroindustrial de San Clemente Risaralda contaba con una envasadora vertical, dosificadora y selladora para el envasado de sus productos líquidos; presentando problemas ya que no manejaba volúmenes constantes en los envases; esto debido a que la envasadora al contar con un tanque almacenador en su parte superior, a medida que disminuye el nivel del líquido en el tanque, disminuye también la presión dentro de él, lo cual termina generando que la cantidad de producto que llega al envase sea diferente dependiendo principalmente del nivel que tenga el tanque. Por estos motivos nace la necesidad de implementar un control de nivel en la envasadora.

Una Empresa con presupuesto podría pensar en cambiar la envasadora semiautomática por una completamente automáticas (envasadoras de líquidos formadoras de bolsa,

embotelladoras, Encajados) lo cual podría tener un costo muy alto para la Empresa por cada producto, por estos motivos, es importante que la Empresa solucione sus problemas buscando al máximo minimizar los costos.

Otro punto a tener en cuenta son los operarios encargados de manejar el equipo, que en algunos casos no cuentan con ningún tipo de capacitación por lo cual la envasadora que se adaptará debe ser fácilmente manipulable por un operario sin formación.

Por lo tanto, el objetivo principal de este trabajo es diseñar y poner a punto la envasadora, implementándole el control de nivel necesario para que funcione de manera adecuada, así como de optimizar aspectos de la envasadora, de tal manera que sea adecuada para el buen funcionamiento del envasado de productos líquidos; teniendo en cuenta las limitaciones económicas con las que cuenta la Cooperativa.

Lo primero que se realizó durante la elaboración de este fue una revisión bibliográfica, la cual está registrada en el marco teórico; esta se realizó con el fin de encontrar el estado de arte sobre el tema, así como la de documentar de manera adecuada el trabajo.

Sobre envasadoras de este tipo es poco el material con el que se cuenta, ya que este tipo de envasadoras por ser para pequeños niveles de producción están casi descontinuadas en el mercado.

Hoy en día, se piensa que se ha dicho todo sobre envasadoras, las nuevas investigaciones se dirigen más a revisar el comportamiento de los materiales de envasado, así como del medio en el que este se encuentra; contando con métodos como atmósferas modificadas, y controladas entre otros.

Al tiempo que se realizó la revisión bibliográfica, se realizaron ensayos con la envasadora para obtener datos que demuestren porque era necesario adoptar medidas para poner a punto la envasadora, estos datos se reportarán en el siguiente capítulo.

El primer problema a tratar es el control de nivel que requiere el tanque de almacenamiento de la envasadora, para lo cual es necesario elegir los diferentes elementos de control.

4.1. SENSOR DE NIVEL

Dentro de las posibilidades de elegir sensor inicialmente podemos descartar los instrumentos basados en las características eléctricas del producto debido a su alto costo y los instrumentos basados en la presión hidrostática ya que el tanque almacenador se encuentra cerrado.

De esta forma solo nos queda contar con los instrumentos de medida directa y los basados en el desplazamiento.

Dentro de los instrumentos de medida directa contamos con tres clases de medidores como se vio en el capítulo anterior, entre estos podemos contar con los de nivel de cristal y los de flotador, y adicional a estos dos contamos con los medidores basados en el desplazamiento.

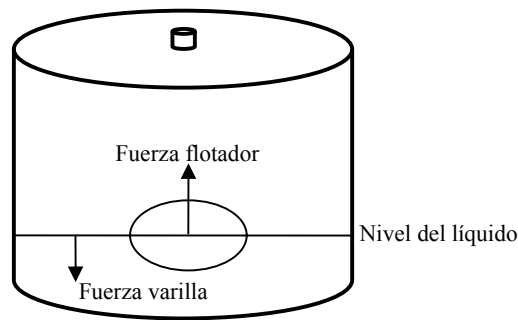
Teniendo limitados los tipos de sensores que se pueden aplicar en este problema, el siguiente paso fue la consulta a los proveedores de instrumentación sobre los costos de cada uno de estos, encontrándose que es difícil que provean este tipo de medidores para la industria de alimentos, ya que en esta los sensores que están a la vanguardia son los que se basan en las características eléctricas del líquido.

Por lo tanto en la observación de estos se pudo encontrar que el más fácil de implementar era, el medidor basado en la desplazamiento, y por lo tanto se encontró el lugar adecuado para fabricar este instrumento en acero inoxidable y a un bajo costo lo cual contribuye en el valor final de la envasadora.

El diseño de este flotador se realizó teniendo en cuenta las características del tanque y a su vez las del fluido que se va a utilizar y las del material de construcción del flotador.

El diseño se hizo, realizando un análisis de fuerzas en el flotador con lo cual se encontraron las siguientes ecuaciones:

Figura 4.1: Diagrama de fuerzas en el flotador



$$F_{empuje} = \frac{\text{Volumen flotador}}{2} \times \rho_{\text{liquido de empuje}} \quad (4.1)$$

$$F_{empuje} = \text{Peso varilla} - \text{Peso flotador} + \text{fricción} \quad (4.2)$$

Igualando las ecuaciones 4.1 y 4.2 tenemos:

$$\frac{\text{Volumen flotador}}{2} \times \rho_{\text{liquido de empuje}} = \text{Peso varilla} - \text{Peso flotador} + \text{fricción} \quad (4.3)$$

$$\text{Peso varilla} = A_{\text{circunferencia}} \times L_{\text{varilla}} \times \rho_{\text{material}} \quad (4.4)$$

$$\text{Peso flotador} = A_{\text{flotador}} \times C_{\text{material}} \times \rho_{\text{material}} \quad (4.5)$$

$$\text{Fricción} = 10\%(\text{peso flotador} + \text{peso varilla}) \quad (4.6)$$

Los datos con los que se cuenta para realizar los cálculos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 4.1: Datos necesarios para el diseño del flotador

<i>Descripción</i>	<i>Medida</i>
<i>Densidad Acero inoxidable 304</i>	$8 \frac{gr}{cm^3}$
<i>Densidad promedio de la leche</i>	$1,031 \frac{gr}{cm^3}$
<i>Calibre de la lámina de Acero inoxidable</i>	0,22 in
<i>Longitud de la varilla del flotador</i>	17,5 cm
<i>Calibre de la varilla</i>	0,005 cm

La longitud de la varilla se aproximó teniendo en cuenta el diámetro del tanque de almacenamiento.

Remplazando las ecuaciones de la 4.4 a la 4.6 en la ecuación 4.3 y los datos de la tabla 4.1 tenemos:

$$\frac{V_{Flotador}}{2} \times 1,031 \frac{gr}{cm^3} = V_{varilla} \times 8 \frac{gr}{cm^3} - V_{Flotador} \times 8 \frac{gr}{cm^3} + 0,1 \left((V_{Varilla} + V_{Flotador}) \times 8 \frac{gr}{cm^3} \right) \quad (4.7)$$

Despejando $V_{flotador}$ de la ecuación 4.7 se obtiene:

$$V_{flotador} = \frac{2,2(A_{varilla} \times L_{varilla}) \times 8 \frac{gr}{cm^3}}{(1,031 + 16 - 1,6) \frac{gr}{cm^3}} = 4,173 \text{ cm}^3 \quad (4.8)$$

$$A_{flotador} = \frac{4,173 \text{ cm}^3}{0,005 \text{ cm}} = 834,6 \text{ cm}^2 \quad (4.9)$$

El instrumento fue fabricado por abombamiento mecánico, con soldadura tig.

4.2. ELEMENTO FINAL DE CONTROL

Al elegir el tipo de sensor de nivel, casi se eligió el elemento final, pues este tipo de medidor requiere que lo acompañe una válvula que será la encargada de darle paso o no al líquido para mantener el nivel.

Por tratarse de un sistema simple, y además teniendo en cuenta que el PLC tiene todas sus entradas y salidas destinadas a manejar la parte de tiempos del equipo y que lo hace de forma eficiente, podemos poner a actuar el sensor sobre el elemento final, lo cual para este caso es eficiente ya que tenemos un elemento final de control que se complementa de manera adecuada con este.

Las válvulas pueden ser de varios tipos según sea el diseño del cuerpo y el movimiento del obturador.

Las válvulas en las que el obturador se mueve en la dirección de su propio eje se clasifican en: válvulas de globo, válvulas en ángulo, válvula de tres vías, válvula en y, válvula de cuerpo partido entre otros.

Las válvulas en las que el obturador tiene un movimiento circular se clasifican en: válvula de obturador excéntrico rotativo, válvula de obturador cilíndrico excéntrico, válvula de mariposa, válvula de bola, válvula de orificio ajustable.

El cuerpo de la válvula que se elija debe resistir la temperatura, la presión del fluido sin pérdidas, debe tener un tamaño adecuado para el caudal que debe controlar y estar fabricada en un material resistente a las condiciones que le ofrezca el medio.

Para este caso como su nombre lo indica contamos con una válvula de flotador, las cuales son de las más comunes y sencillas que se encuentran en el mercado. Su función se cerrarse o abrirse dependiendo de la posición del flotador.

Contamos pues con una válvula de flotador de ½” de acción directa, la cual se localizará dentro del tanque, con la cual se obtiene un caudal de 12 gpm en 35 psi y de 22 gpm en 85 psi. La presión máxima a la entrada es de 125 psi. Está constituido por levas metálicas, y sus extremos son roscados.

Su funcionamiento esencialmente consiste en que si el líquido en el tanque alcanza el máximo nivel, la válvula se cerrará totalmente para interrumpir el flujo; pero si el nivel en el depósito desciende, la válvula se abrirá para aumentar el flujo hacia el tanque, pero al mismo tiempo que el nivel aumenta, la válvula disminuye gradualmente el caudal.

Como complemento al medidor y a la válvula es necesario transportar el líquido, este transporte ya no se puede realizar de forma manual, por lo tanto es necesario encontrar un medio para transportar el líquido y que a su vez sea compatible con los dos elementos ya elegidos; para lo cual se tiene una bomba.

4.3. BOMBA

Para completar el sistema es necesario transportar el producto desde su tanque contenedor hasta el tanque de almacenamiento de la envasadora. Para lo cual es necesario contar con una bomba adecuada.

En la industria lechera se utilizan muchos tipos distintos de bombas. Deben cumplir unas normas específicas en cuanto a los materiales, su construcción y sus características sanitarias. Sobre este último aspecto hay que tener en cuenta, entre otras cosas, que [2]:

- Las superficies en contacto con la leche deben estar constituidas por materiales higiénicos, como por ejemplo acero inoxidable, algunos materiales plásticos, caucho y cerámicas.
- El aparato debe ser fácilmente desmontable y accesible para la inspección, el lavado manual y la desinfección.
- El motor y la transmisión deben estar protegidos y requieren un mantenimiento mínimo.
- El bombeo mecánico de los productos lácteos no debe producir modificaciones en su sabor.

Las bombas utilizadas en la industria láctea se pueden agrupar en dos categorías:

- **Las bombas centrífugas:** convierten la energía rotatoria en energía de velocidad que transmiten a los líquidos y después, al disminuir la velocidad en la periferia del disco, transforman esta energía en energía de presión.
- **Las bombas volumétricas:** (bombas de desplazamiento positivo), que introducen un determinado volumen de líquido y lo expulsan a presión.

Dentro del primer grupo, la más usada en la industria lechera es la bomba centrífuga de una fase y del segundo grupo se utilizan la bomba de pistón; la bomba de piñones, la bomba de tornillo, la bomba de paletas entre otras.

En el caso de este trabajo se limitará a la utilización de una bomba centrífuga de una fase, ya que la Cooperativa cuenta con esta dentro de sus instalaciones y no se está utilizando.

4.3.1. Bomba centrífuga

Por lo tanto para el transporte constante del fluido se tendrá una bomba centrífuga sumergible, construida en acero inoxidable.

En esta el producto llega al centro del rotor que gira a una gran velocidad de rotación que transmite al líquido. En el cuerpo que rodea al impulsor o en un dispositivo especial llamado difusor, la sección aumenta, cambia el flujo haciéndose más lento y la energía cinética se transforma en energía de presión.

Para su utilización, el caudal de circulación se puede conocer en un circuito determinado, lo normal es que el agua fluya a una velocidad de 2 m/s y la leche a 1,8 m/s. Entre las ventajas de la utilización de la bomba centrífuga están:

- Proporciona un caudal regular y elevado.
- Es una bomba muy simple, robusta, que puede acoplarse directamente a un motor eléctrico.

- La que se utiliza en la industria lechera debe cumplir los requisitos exigidos por la legislación sanitaria, es decir, que se pueda desmontar fácilmente y se pueda lavar y desinfectar.

Entre los inconvenientes que presenta este tipo de bomba tenemos:

- Las presiones de impulsión que desarrolla son relativamente bajas;
- No es de arranque automático y hay que cebarlas (colocándolas por debajo del nivel del líquido a bombear)
- Tiene tendencia a batir la leche.

Las características de la bomba a utilizar son las siguientes:

Bomba sumergible en acero inoxidable maquinado No.304. Portátiles y ligeras para líquidos.

- Diámetro de descarga 50mm
- Descarga superior
- Potencia del motor 0,5 HP – 1 HP
- Carga máxima: 50 pies

Como se dijo, la bomba que se está utilizando para el proceso de envasado se encontraba inhabilitada en la Cooperativa lo cual permitió adaptarla al proceso de manera eficiente sin tener que hacer ningún gasto para obtenerla.

4.4. COMPRESOR

Este equipo se utiliza para producir el aire comprimido necesario para el manejo de las señales neumáticas que requiere la envasadora.

La Cooperativa cuenta con un compresor de pistón, los cuales se presentan en la industria y el comercio como una alternativa económica en materia de generación de aire comprimido.

Se trata pues de un compresor eléctrico de pistón, marca York, de 220 V, con una presión máxima de 116 lbs, transmisión por correa y motor de 1,5 HP.

4.4.1. Regulador de Presión

Después de instalados los diferentes componentes de la envasadora y a la hora de iniciar los ensayos se encontraron variaciones en el volumen de cada envase lo que hizo suponer que habían fallas en alguna parte del proceso, llegando a la conclusión que hacia falta regular la presión para que la fuerza con la que se abre y cierra la válvula se mantenga constante.

Los reguladores reductores de presión son equipos de control de flujo diseñados para mantener una presión constante aguas abajo de ellos, independientemente de las variaciones de presión a la entrada o los cambios de requerimientos de flujo. La “carcaza” y

los mecanismos internos que componen un regulador, automáticamente controlan o limitan las variaciones de presión a un valor previamente establecido.

Se fabrican diversos tipos de regulados, pero generalmente basados todos en el mismo principio. El verdadero razonamiento para su empleo es: que la presión de salida tenga un valor lo más constante posible.

Se utilizará en este caso un regulador de presión de dos vías para mantener la presión de salida del compresor en 70 lb/plg², que es la presión necesaria para manejar adecuadamente la parte neumática de la envasadora.

4.5. PLC

Es necesario aclarar que el PLC con el que cuenta la envasadora se encuentra ya limitado para las funciones que tiene en este momento.

Los temporizadores utilizados para el llenado, así como los tiempos de sellado serán manejados por el PLC, el cual funciona de manera eficiente y presenta las siguientes características [11].

El modulo de control EASY 600 de marca Moeller es el PLC elegido para el manejo de la envasadora, el cual contiene doce entradas y seis salidas de relé. Este modulo se puede catalogar entre los PLC de gama baja.

Entre las ventajas que ofrece este PLC se cuenta con la visualización de ocho textos hasta con dos variables, se puede realizar una introducción directa del esquema de contactos ofreciendo tres contactos y una bobina con hasta 121 circuitos; espacio suficiente para las diferentes aplicaciones y para posibles modificaciones o ampliaciones en el futuro. La pantalla de modulo muestra por donde fluye la corriente, tanto en servicio o en una conexión de prueba, con lo que la puesta en servicio es más rápida y segura.

Los esquemas de circuitos constituyen la base de todas las aplicaciones electrotécnicas. En las aplicaciones prácticas, los aparatos se cablean entre sí. Con este módulo, esta tarea se realiza mediante simple accionamiento de los pulsadores. De este modo, se consigue un ahorro en costes de montaje y cableado, además de un valioso ahorro de tiempo.

Este modulo además de proteger esquemas de contactos y parámetros al producirse cortes del suministro eléctrico, también conserva en memoria datos de doce relés internos y cuatro contadores. Gracias a esto se garantiza fácilmente, por ejemplo, la función de los contadores de horas de servicio, puesto que los valores se conservan incluso en caso de corte del suministro eléctrico.

4.6. SELLADO

El sellado es otra de las partes a optimizar en un tipo de envasadora como estas, ya que si no se le presta atención podríamos perder buena cantidad de producto elaborado.

El modo de sellado que se utilizará se caracteriza por ser del tipo soldadura por barra caliente la cual se explico en el capítulo 3. Este tipo de soldadura se elige porque es fácil de implementar, utilizar y además produce un sellado agradable, el cual le da una buena presentación al producto. En este punto es necesario aclarar que el tipo de material utilizado para elaborar la barra debe tener ciertas características de tipo conductivo que le permitan realizar una buena transferencia de calor.

Contamos con dos materiales metálicos muy eficientes y económicos para construir la barra, estos son el aluminio y el bronce.

Inicialmente, el aluminio era el material en el que estaba construida la barra lo cual no siempre proporcionaba un acabado agradable al sellado, provocando la pérdida de producto y de material de envasado. De esta manera se construyó una barra en bronce, el cual es un material más conductivo que el aluminio (figura 4.2), lo que le permite en el momento de disipar temperatura (sellado de la lámina plástica) recuperarla a un menor tiempo y de nuevo tener la temperatura de sellado deseada, que para el polietileno de baja densidad se encuentra por el orden de los 330 °C, si esta temperatura no se mantiene en la barra se sufrirán daños en el material de envasado.

Además del material de formado de la barra también hay que pensar en el diseño de la forma que esta barra debe llevar ya que es precisamente este diseño el encargado de darle la apariencia al sellado final.

Para alcanzar la temperatura deseada en la barra se cuenta con un circuito simple, el cual se encarga de manera rápida de darle la temperatura deseada a la barra, este circuito se comporta de manera eficiente y era con el que inicialmente contaba el equipo.

Tabla 4.2: Conductividades térmicas del aluminio y bronce

<i>METAL</i>	<i>TEMPERATURA</i> ° F	<i>CONDUCTIVIDAD</i> $k = \frac{Btu}{h \cdot pie^2 \cdot \left(\frac{°F}{pie}\right)}$
Aluminio	212	119
Aluminio	932	155
Bronce	212	228
Bronce	932	246

4.7. NECESIDAD DE ENVASADORAS EN EL SECTOR

La Empresa AGIL Ingeniería ubicada en Anserma Caldas, tiene como misión desarrollar tecnología de proceso para el sector agroindustrial. A través de su historia se ha encargado de generar tecnología de punta para las diferentes Empresas del sector, y es precisamente por esto que dentro de sus clientes se encuentra la Cooperativa Agroindustrial de San Clemente Risaralda.

Desde los inicios de la Cooperativa, la Empresa Agil Ingeniería se ha encargado de diseñar y montar parte o partes de las líneas de procesos que la Cooperativa maneja como lo son: diseño y puesta a punto de la central de sacrificios y los cuartos fríos para las áreas de cárnicos y lácteos, puesta a punto del área de caldera, entre otros.

En la búsqueda de nuevos clientes por la Empresa, se encontró que en el sector (zona cafetera) existen diferentes agroempresas (Apía, Pueblo Rico, Viterbo) que necesitaban envasar sus productos líquidos lo cual crea una necesidad de producción de envasadoras económicas en la región, para este tipo de microempresas.

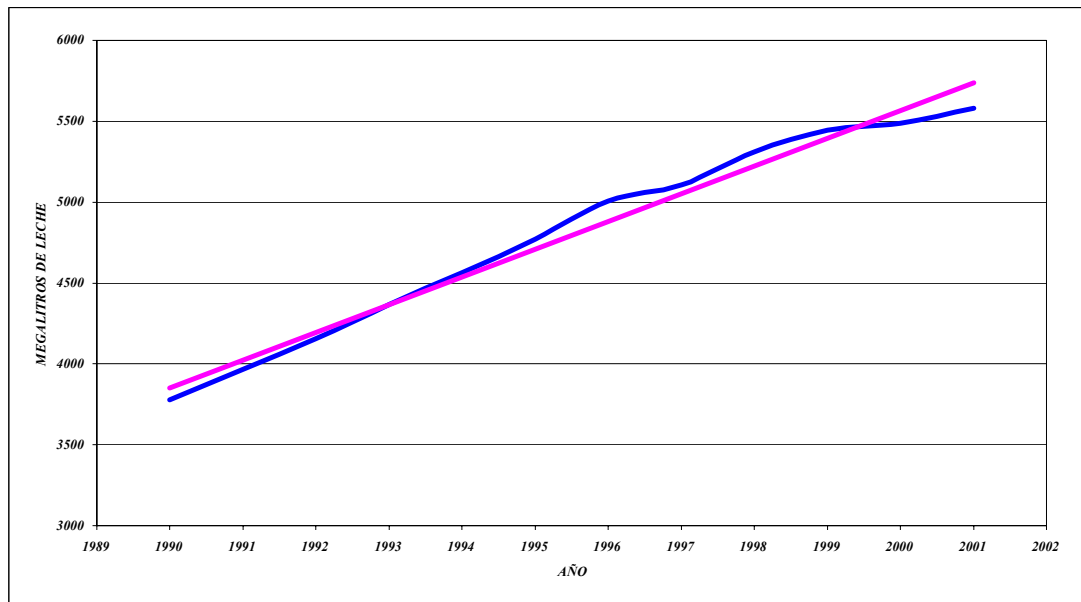
Además se indagó sobre el crecimiento de la producción de leche y la necesidad de darle un valor agregado a esta. Este crecimiento en la región se debe precisamente a la cobertura de la ganadería como actividad económica después de la crisis cafetera [9]. El crecimiento de la producción de leche en la región ha provocado que mucho ganaderos en su afán por darle un valor agregado a sus productos hagan maquila con Cooperativas procesadoras de lácteos, pero otros por el precio tan alto que genera el procesado de la leche han decidido empezar microempresas con las materias primas que producen.

El crecimiento de la producción de leche en el sector en el periodo 1990- 2001 está fundamentado en los datos dados por Fedegan en el año 2002 [9], los cuales se observan en la figura 4.2.

El crecimiento de la producción de leche por sectores en el periodo 1990 - 2001 se refleja en la tabla 4.3 y figura 4.3. Es necesario aclarar que la producción está clasificada por regiones, en las cuales contamos con:

- **Región Atlántica:** Bolívar, Córdoba, Cesar, Magdalena, Sucre
- **Región Occidental:** Antioquia, Huila y antiguo Caldas.
- **Región Central:** Boyacá, Cundinamarca, Meta y Santanderes
- **Región Pacífica:** Cauca, Nariño, Valle y alto Putumayo

Figura 4.2: Crecimiento de la producción de leche en Colombia 1999 – 2001 y su tendencia



Como se puede ver, en la región occidental se observa un crecimiento considerable de la producción de leche, lo cual haría pensar que cada vez más gente está interesada en procesar la leche para producir diferentes productos lácteos, y es precisamente esto lo que están haciendo muchas personas, lo cual está generando la necesidad de envasar estos productos.

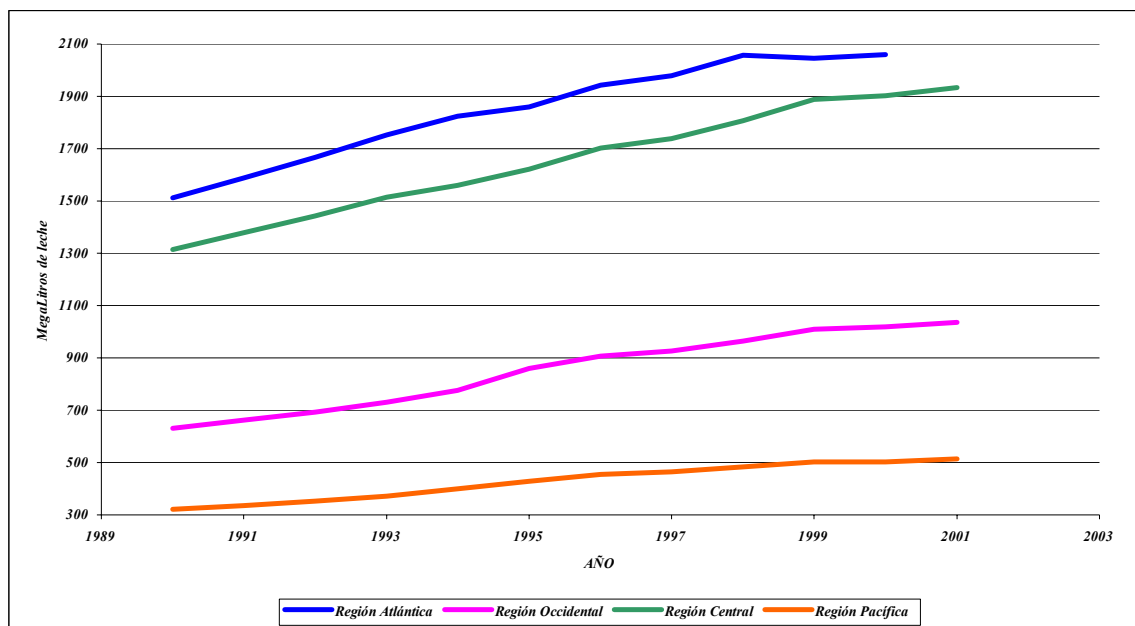
En vista de esto no solo es necesario solucionar el problema de la Cooperativa Agroindustrial de San Clemente, sino tratar de montar una línea de envasadoras que pueda cubrir la demanda de la región, ya que en el mercado nacional estas son costosas y poco eficientes.

En principio la Empresa estaría construyendo máquinas selladoras, dosificadoras, envasadoras de barra fija de accionamiento neumático, semiautomáticas para empresas pequeñas. Y a futuro se estarían desarrollando envasadoras formadoras de accionamiento neumático, automáticas para microempresas.

Tabla 4.3: Producción Lechera por regiones.

AÑO	REGIÓN ATLÁNTICA	REGIÓN OCCIDENTAL	REGIÓN CENTRAL	REGIÓN PACÍFICA
MEGALITROS DE LECHE				
1990	1.511	631	1.314	321
1991	1.589	662	1.379	336
1992	1.667	694	1.442	353
1993	1.752	730	1.514	371
1994	1.825	776	1.560	401
1995	1.860	859	1.622	429
1996	1.943	908	1.703	455
1997	1.979	927	1.738	464
1998	2.058	964	1.807	483
1999	2.046	1.010	1.887	503
2000	2.059	1.019	1.902	503
2001	2.094	1.036	1.934	515

Figura 4.3: Producción de leche por regiones en el periodo 1990 - 2001



5. RESULTADOS

En este capítulo se describirán los resultados obtenidos con la envasadora tanto antes de implementar el control de nivel como después de hacerlo, con lo cual se podrá evidenciar las ventajas que le trajo a la Cooperativa optimizar su envasadora a un costo bajo.

5.1. ENVASADORA ORIGINAL

Al inicio de este trabajo, la Cooperativa Agroindustrial de San Clemente, contaba con una envasadora vertical, dosificadora y selladora la cual presentaba inconvenientes a la hora de envasar, ya que la dosificación no se realizaba con buena exactitud, y el sellado era deficiente, con lo cual en muchos casos se podía perder gran cantidad de producto procesado y de envase lo cual era contraproducente para la Cooperativa.

La Cooperativa no posee registros de datos de la planta, lo que si se consideraba una constante por parte de los operarios era la pérdida de producto elaborado; esto debido a varios aspectos:

- El transporte del producto se realizaba en forma manual, es decir los operarios transportaban por medio de valdes el producto hasta el tanque almacenador de la envasadora con lo cual no solo es evidente la pérdida de producto sino también la contaminación del mismo, y de este modo es difícil garantizar la calidad final del producto.
- Al realizar la dosificación por medio de temporizadores y no contar con un nivel constante en el tanque de almacenamiento; el volumen en cada envase es diferente, llegando muchas veces a tener envases con menos de la mitad del producto que debe contener, con lo cual finalmente se termina perdiendo producto y material de envasado.
- La barra metálica que realizaba el sellado no tenía un diseño adecuado, con lo cual el sellado no se efectuaba de la mejor manera para cada envase, ya que al tener un sellado débil se abría fácilmente la bolsa y esto provocaba la pérdida de producto y de material de envasado.
- Otro problema importante que se detectó fue la falta de presión constante en el compresor, lo cual afectaba directamente la dosificación en cada envase.

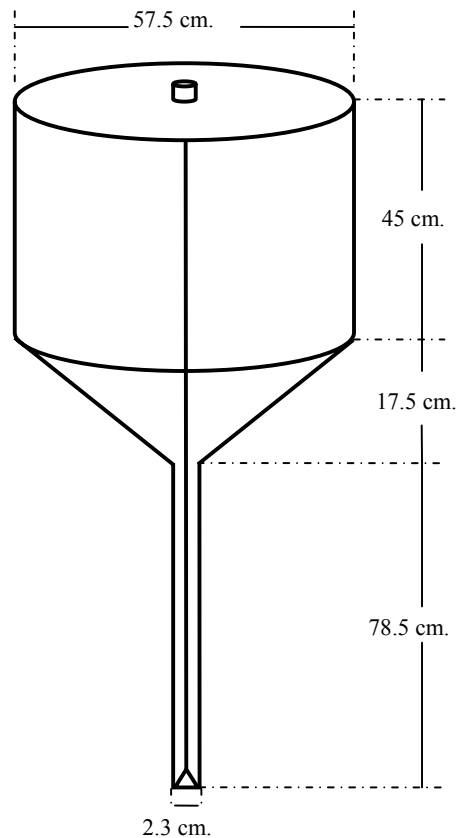
Después de detectados estos problemas con la ayuda de los operarios de la planta, se realizaron ensayos en la planta de AGIL ingeniería.

Se utilizó material de envasado de la Empresa que estaba discontinuado y como líquido para envasar se utilizó agua; El número de ensayos se vió limitado por la cantidad de material de envasado con la que se contaba; además fue necesario realizar un cambio en los

tiempos de dosificación pues al tratarse de un líquido menos viscoso el tiempo requerido para una determinada cantidad es menor que el requerido por la leche o el yogur.

Antes de iniciar los ensayos se realizó la medida del volumen total del tanque, esto para poder determinar en cada instante de llenado cual es el volumen que permanece en el tanque. Las medidas del tanque se pueden apreciar en la figura 5.1.

Figura 5.1: Dimensiones del tanque de almacenamiento



$$V_{Total} = V_{Cilindro\ superior} + V_{Cono} + V_{Tubo} - V_{Válvula\ de\ paso} - V_{Cono\ válvula}$$

- Volumen del tanque de almacenamiento

$$V_{cilindro\ superior} = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

$$V_{cilindro\ superior} = 116852\ cm^3$$

- Volumen del cono

$$V_{cono} = \frac{\pi \cdot h}{3} \cdot (r^2 + r'^2 + r \cdot r')$$

r' es el radio de la parte inferior del cono

$$V_{cono} = 15777 \text{ cm}^3$$

- Volumen del tubo

$$V_{tubo} = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

$$V_{tubo} = 326 \text{ cm}^3$$

- Volumen de la válvula de paso

$$V_{cono} = \frac{\pi \cdot r^2 \cdot h}{3}$$

$$V_{Cono} = 2,395 \text{ cm}^3$$

$$V_{tubo cono} = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

$$V_{tubo cono} = 437,62 \text{ cm}^3$$

- Volumen total

$$V_{Total} = 116852 + 15777 + 326 - 2,395 - 437,62 = 132514,98 \text{ cm}^3$$

$$V_{total} \approx 35 \text{ gal}$$

Ensayos realizados:

Para verificar el problema de dosificación que tiene la envasadora se realizaron ensayos con dos volúmenes de envase diferentes; uno se realizó con 500 cm^3 , y el otro con 1000 cm^3 . Para cada dosificación se realizaron 30 ensayos diferentes, los cuales se aprecian en la tabla 5.1.

En este caso tenemos como variable independiente el volumen en el tanque de almacenamiento y como variable dependiente tenemos el volumen en cada envase.

Para el inicio de cada ensayo, el tanque era cargado con 100 L de agua, es decir el nivel del tanque estaba a una altura de 32 cm.

Los tiempos necesarios para cada dosificación fueron:

- Para 500 cm^3 se requiere un tiempo de 0,85 seg
- Para 1000 cm^3 se requiere un tiempo de 1,60 seg

Tabla 5.1: Datos obtenidos de la envasadora original

<i>Peso de cada envase (gr.)</i>	<i>Sellado</i>		<i>Peso de cada envase (gr.)</i>	<i>Sellado</i>	
	<i>B</i>	<i>D</i>		<i>B</i>	<i>D</i>
500 cm^3			1000 cm^3		
514,4		X	1023,4	X	
514,5	X		1022,5	X	
514,3	X		1022,1	X	
514,0	X		1021,6	X	
513,9	X		1020,3	X	
514,0	X		1018,6	X	
513,9	X		1018,1	X	
513,7	X		1017,4	X	
513,8	X		1016,9	X	
513,6	X		1016,5	X	
513,3	X		1015,9	X	
513,2	X		1015,0	X	
513,4	X		1013,9	X	
513,0	X		1014,0	X	
513,1	X		1013,1	X	
512,8	X		1012,2	X	
512,3	X		1010,9	X	
512,5	X		1008,5	X	
512,4		X	1009,2	X	
511,7	X		1008,3	X	
511,5	X		1007,2		X
511,8	X		1006,8	X	
511,3	X		1006,0	X	
510,9	X		1004,9	X	
510,4	X		1003,2	X	
510,3	X		1001,8	X	
510,0	X		1001,1	X	
509,8	X		1000,3	X	

509,4	X	1000,1	X
508,0	X	999,8	X

Como se puede apreciar en las figuras 5.2 y 5.3 la tendencia del volumen en cada bolsa tiende a bajar a medida que disminuye el volumen en el tanque de almacenamiento. En las primeras bolsas el cambio de volumen es casi imperceptible, pero este si se hace evidente cuando el volumen en el tanque ha disminuido. Cuando estos cambios se hacen perceptibles se obtiene un producto envasado que no se puede sacar al mercado, lo que hace que se disminuya la rentabilidad del proceso.

A los datos obtenidos se les cálculo la media y la desviación estándar obteniendo una $\bar{x} = 512,37$ y una $\sigma = 1,71$ para un volumen de 0,5 L y una $\bar{x} = 1011,65$ y una $\sigma = 7,39$ para un volumen de 1 L.

Estos datos podrán ser analizados más adelante cuando podamos calcularlos con los datos obtenidos de la envasadora modificada.

Figura 5.2: Variación de los datos para un volumen de 500 cm³

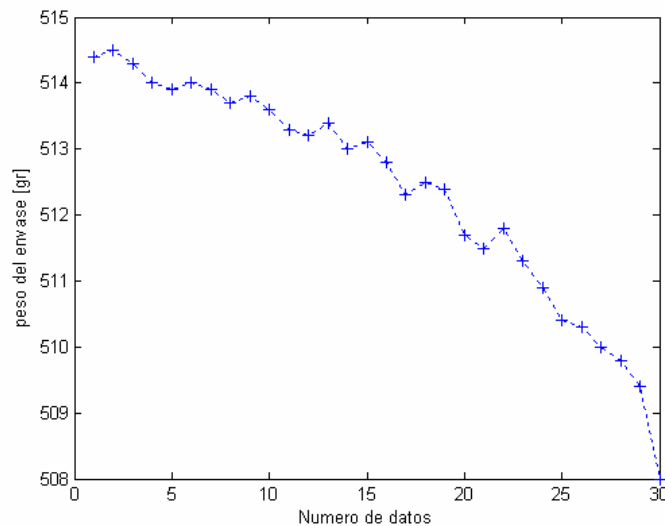
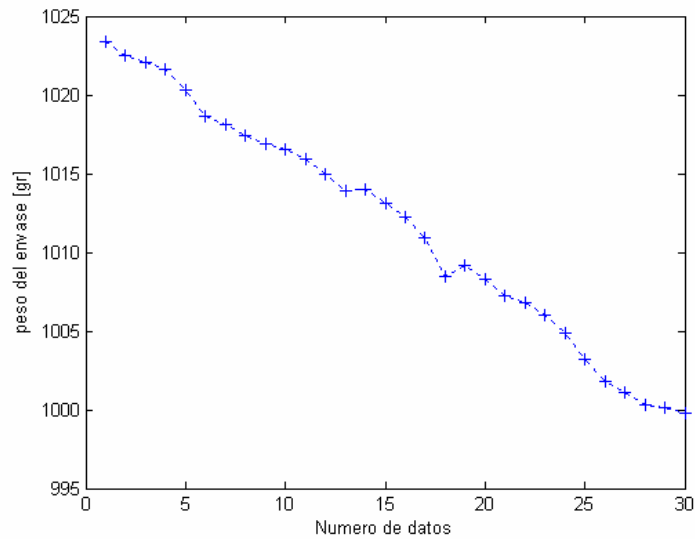


Figura 5.3: Variación de los datos para un volumen de 1000 cm³



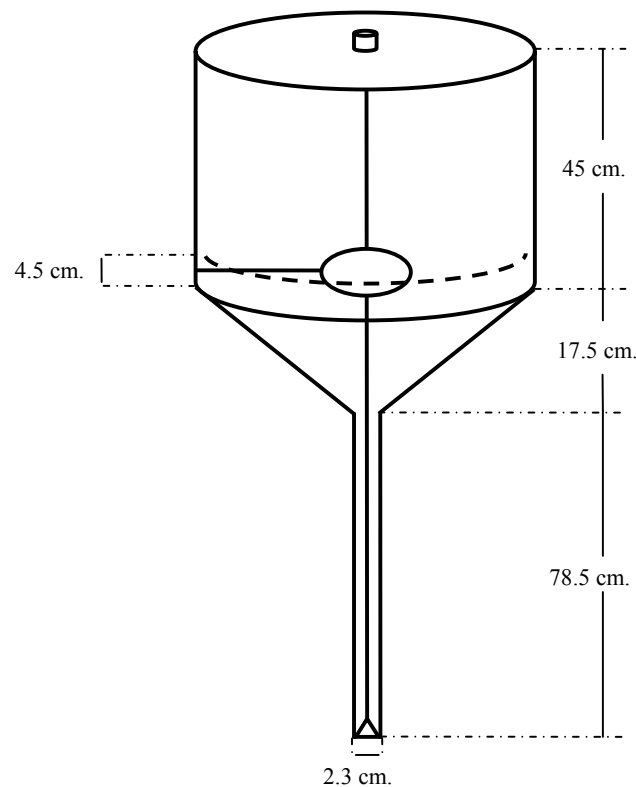
Otro punto que se puede observar en la tabla 5.1, es el número de envases y la cantidad de producto que se pierde debido a un sellado defectuoso; estos defectos pueden ser vistos en la apariencia del envase, lo cual no es agradable para los ojos del consumidor; o pueden generar un rompimiento del sellado con lo cual se estaría derramando el producto, el cual ya no podrá ser consumido.

5.2. ENVASADORA MODIFICADA

Después de estudiados los elementos de control y al haber establecido la estrategia simple, se procedió a realizar la instalación de los elementos dentro del tanque de control.

La línea que sale de la bomba se conectó de manera directa con la válvula; la cual es accionada por la señal que le envía el flotador. A la hora de la instalación del flotador, fue necesario pensar cual era la mejor ubicación para este. Si el flotador se instala en la parte superior del tanque, se tendrán problemas cuando el producto se esté acabando, ya que no se podrá ejercer ningún control cuando el nivel del líquido quede por debajo del punto donde esta el flotador; lo mismo pasaría si se instalará en la parte media. Por tales motivos, el flotador fue instalado en la parte inferior del tanque como se podrá apreciar en la figura 5.4.

Figura 5.4: Establecimiento de la altura para el instrumento de medida

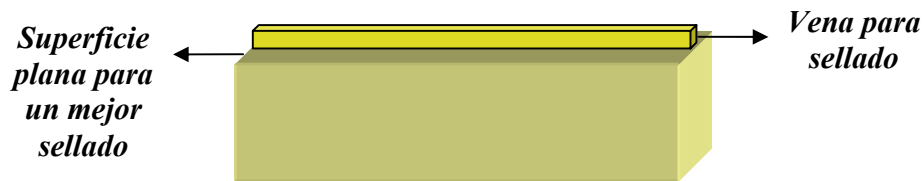


El flotador se instala a los 4.5 cm. de la base del tanque; es decir un 10% de la longitud total del tanque; y de esta manera cuando se está terminando el producto para empaclar se incurrirá solo en un poco de error en el volumen de los últimos envases.

Otro aspecto importante a tener en cuenta es el sellado que se realiza a cada bolsa; como se mencionó en el capítulo anterior, el material elegido para la barra fue bronce el cual es una aleación de cobre y estaño, lo que lo hace mejor conductor que el aluminio. Por ser mejor conductor, a la hora de realizar el sellado se disipa menos calor y se conserva de manera adecuada para el siguiente envase, lo que hace que el sellado sea más seguro y eficiente. Además con este material se consigue que en el primer encendido del equipo, la barra alcance la temperatura por ayuda del circuito de manera más rápida. La temperatura que se debe alcanzar para realizar un buen sellado del polietileno de baja densidad es de aproximadamente 310 °C.

El diseño de la barra también tiene consecuencias en el sellado. La barra de aluminio que tenía la envasadora inicialmente consistía en una vena, la cual era la encargada de sellar. El diseño de la barra de bronce que se adoptó para el nuevo elemento de sellado consta de una vena rodeada de dos superficies planas ver figura 5.5, lo que se encarga de darle una mejor apariencia al sellado final y además proporciona un sellado más fino.

Figura 5.5: Diseño de la barra selladora



Para acondicionar esta barra al equipo, es necesario realizar un aislamiento de la barra con la estructura del cuerpo de la envasadora, ya que como es metálica puede ser conductiva y efectuar un calentamiento en toda la estructura. Este aislamiento se realiza por medio de baquelita y asbesto; estos materiales son buenos aislantes y permiten que no haya ningún tipo de transferencia de calor al cuerpo de la envasadora.

Otro aspecto importante en la envasadora es que la barra de bronce debe ser cubierta con teflón para que el sellado sea fino y no haya ningún tipo de desprendimiento del material de envasado.

Con este nuevo diseño de la selladora se logró disminuir el tiempo de sellado de 1.5 seg. a tan solo 1 seg. lo que se constituye en un aumento de la capacidad del equipo por minuto.

Después de solucionados por completo los problemas en la envasadora, se iniciaron una serie de ensayos de nuevo utilizando como líquido a envasar agua. Con el nuevo control de nivel se detectó que el sellado es más eficiente y que el volumen en cada envase es constante aproximadamente.

Para este se realizaron tres ensayos, teniendo en cuenta los tres tipos de presentación que maneja la Cooperativa; los cuales son de 100 cm³ o bolis, 500 cm³ o medio litro y 1000 cm³ o un litro, los datos obtenidos se muestran en la tabla 5.2.

Los tiempos necesarios para cada dosificación fueron:

- Para 100 cm³ se requiere un tiempo de 0,25 seg
- Para 500 cm³ se requiere un tiempo de 0,87 seg
- Para 1000 cm³ se requiere un tiempo de 1,61 seg

Se hace necesario aclarar que en los primeros ensayos realizados con la envasadora se obtuvieron volúmenes no constantes en cada envase lo que en un principio hizo pensar que el montaje realizado no funcionaba de manera eficiente, pero con el análisis se detectó que es necesario mantener la presión en el compresor constante para que el movimiento de la válvula que se encuentra dentro del tanque se realice siempre de la misma manera. Este problema presentado por el compresor se solucionó poniendo un regulador de presión al compresor cuyas características se encuentran en el capítulo anterior.

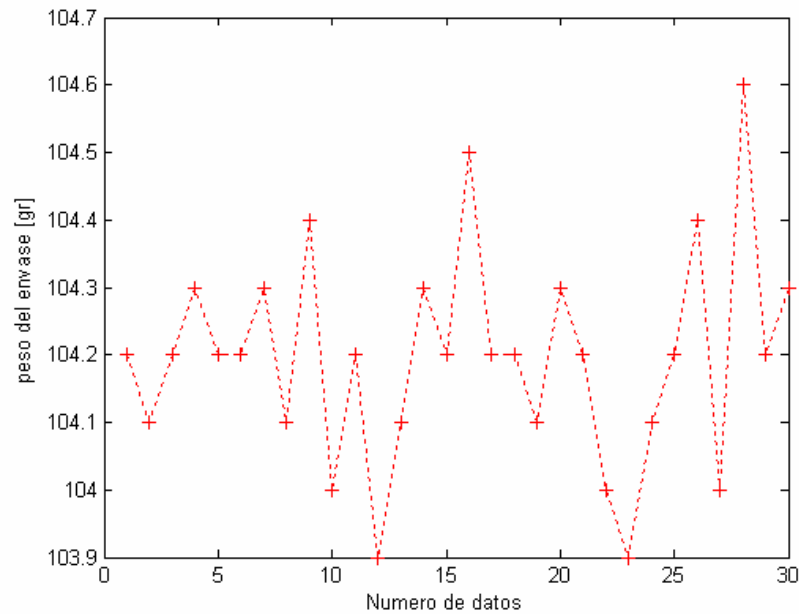
Tabla 5.2: Datos obtenidos de la envasadora original

Peso de cada envase (gr.)	Sellado		Peso de cada envase (gr.)	Sellado		Peso de cada envase (gr.)	Sellado	
	B	D		B	D		B	D
100 cm ³			500 cm ³			1000 cm ³		
104,2		X	514,1	X		1023,6	X	
104,1	X		514,0	X		1023,2	X	
104,2	X		514,3	X		1023,5	X	
104,3	X		513,9	X		1023,6	X	
104,2	X		514,2	X		1023,4	X	
104,2	X		514,0	X		1023,5	X	
104,3	X		514,0	X		1023,0	X	
104,1	X		514,1	X		1022,9	X	
104,4	X		514,0	X		1023,1	X	
104,0	X		514,3	X		1023,5	X	
104,2	X		514,0	X		1023,0	X	
103,9	X		514,4	X		1023,2	X	
104,1	X		514,1	X		1023,2	X	
104,3	X		514,3	X		1023,4	X	
104,2	X		514,1	X		1023,1	X	
104,5	X		514,0	X		1023,1	X	
104,2	X		514,1	X		1023,1	X	
104,2	X		514,2	X		1023,5	X	
104,1	X		514,4	X		1023,5	X	
104,3	X		514,0	X		1023,2	X	
104,2	X		514,2	X		1023,4	X	
104,0	X		514,2	X		1023,8	X	
103,9	X		514,1	X		1023,3	X	
104,1	X		514,3	X		1023,1	X	
104,2	X		514,9	X		1023,7	X	
104,4	X		514,0	X		1023,4	X	
104,0	X		514,0	X		1023,2	X	
104,6	X		514,4	X		1023,2	X	
104,2	X		514,1	X		1023,1	X	
104,3	X		514,3	X		1022,9	X	

A los datos obtenidos se les calculó la media y la desviación estándar obteniendo una $\bar{x} = 104,19$ y una $\sigma = 0,15$ para un volumen de 0,1 L, una $\bar{x} = 514,16$ y una $\sigma = 0,19$ para un volumen de 0,5 L, y una $\bar{x} = 1023,29$ y una $\sigma = 0,24$ para un volumen de 1 L

Como se pueden observar los resultados que se obtienen con la envasadora modificada mejoran considerablemente los volúmenes en cada envase, lo cual es más observable en la disminución de la desviación estándar de cada muestra respecto a las observadas en los datos obtenidos con la envasadora original; esto es precisamente lo que se busca con el mejoramiento de la envasadora.

Figura 5.6: Variación de los datos para un volumen de 100 cm³



En las figuras 5.6, 5.7 y 5.8 se pueden observar las variaciones de los pesos en las diferentes presentaciones de los productos procesados. Estas variaciones son pequeñas, son errores correspondientes ya sea al porcentaje de precisión del instrumento medidor, o al peso del envase que en algunos casos puede ser mayor o menor que en otros, pero son imperceptibles para el consumidor.

Figura 5.7: Variación de los datos para un volumen de 500 cm³

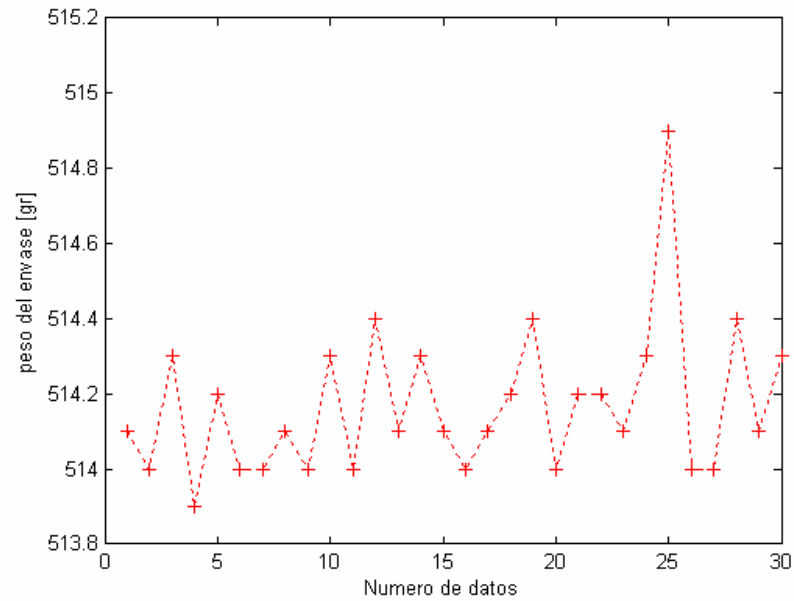
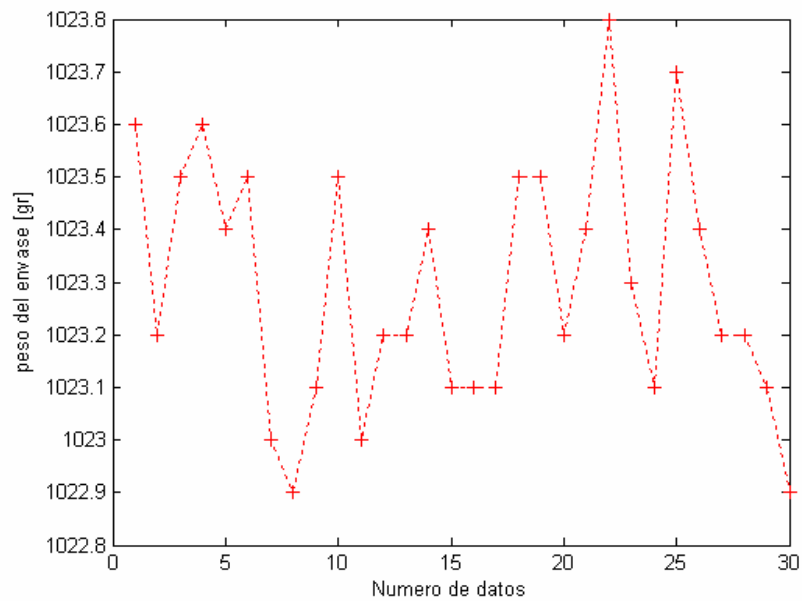


Figura 5.8: Variación de los datos para un volumen de 1000 cm³



5.3. ANÁLISIS ECONÓMICO

Los beneficios que obtiene la Cooperativa con la implementación del control de nivel en su envasadora y la optimización de otros aspectos son numerosos, entre los que se puede contar con:

- Ahorro de tiempo, ya que al disminuir los tiempos de sellado se acelera la producción de envases por minuto en la envasadora.
- Ahorro económico de la planta, debido a que las pérdidas de producto y de envase se disminuyen considerablemente.
- Ahorro en mano de obra debido a que con la implementación del control solo es necesario la presencia de un solo operario para el envasado de los productos.

Es necesario aclarar que el análisis se realizará en base al procesado de la leche que es un producto económico, y por lo tanto cuando se procesa el yogur se espera que la rentabilidad sea mayor.

5.3.1. Disminución de los tiempos de envasado

Como se vio en el capítulo anterior se realizó un cambio en los materiales de sellado, con lo cual se logró disminuir el tiempo de sellado de 1,5 seg. a 1 seg.

En la tabla 5.3 se podrán apreciar los resultados obtenidos con la implementación del nuevo sellado, lo cual beneficia directamente los tiempos de envasado y por ende la eficiencia de la envasadora.

Tabla 5.3: Tiempos de envasado

Dosificación	Envasadora original		Envasadora Modificada	
	Tiempo por envase	Envases por minuto	Tiempo por envase	Envases por minuto
100 cm ³	1,73 seg.	34	1,25 seg.	48
500 cm ³	2,35 seg.	25	1,87 seg.	32
1000 cm ³	3,1 seg.	19	2,61 seg.	22

Al disminuir estos tiempos se está realizando un ahorro al aumentar la productividad, con lo cual estaríamos disminuyendo el costo de procesados del producto.

5.3.2. Pérdidas de producto y envase

Como se pudo observar en la tabla 5.1, cuando se revisó el sellado del envase, se tiene que:

- Para una dosificación de 500 cm³, se obtuvieron 2 envases defectuosos, es decir, una pérdida de 1000 cm³ de producto elaborado para una muestra de 30 envases y un volumen total de 15000 cm³.
- Para una dosificación de 1000 cm³, se obtuvo 1 envase defectuoso, es decir una pérdida de 1000 cm³ de producto elaborado para una muestra de 30 envases y un volumen total de 30000 cm³.

Por experiencia de los operarios, las pérdidas totales a través de todo el proceso de elaboración del producto ascienden aproximadamente a 15 L por día. Cada día se procesan en la planta un promedio de 500 L, lo que haría que el porcentaje de pérdida del producto fuera del 3%, lo que se considera poco rentable pues estaríamos hablando de una pérdida total por semana de 105 L y al mes de 450L.

De los 15 L que se pierden por día, se considera que aproximadamente 10 L se pierden a la hora de envasar el producto, debido a los problemas que presentaba la envasadora en el transporte, dosificación, y sellado.

Los costos de producción de un litro de leche podrán apreciar en la tabla 5.2.

Tabla 5.4: Costos del procesamiento de 1 L de leche

<i>COSTOS DEL PROCESAMIENTO DE LA LECHE</i>	
<i>Valor de 1 L de leche sin procesar puesto en la planta</i>	<i>\$ 500</i>
<i>Valor de procesar 1 L de leche</i>	<i>\$ 300</i>
<i>Valor aproximado del envase para 1 L de leche</i>	<i>\$ 40</i>
<i>Valor de 1 L de leche envasada</i>	<i>\$ 840</i>

Con los costos de producción de 1 L de leche podemos calcular las pérdidas en pesos que representa el problema del derramado del producto en el envasado (tabla 5.5).

Tabla 5.5: Valor de pérdidas en las líneas de envasado.

	<i>Volumen</i>	<i>Precio</i>
<i>Pérdidas por día</i>	<i>10 L</i>	<i>8400</i>
<i>Pérdidas por semana</i>	<i>70 L</i>	<i>58800</i>
<i>Pérdidas por mes</i>	<i>300 L</i>	<i>252000</i>

Con los cambios realizados a la envasadora en: transporte del líquido, dosificación controlada y sellado eficiente se considera que las pérdidas por envasado pueden ser aproximadas a cero lo que hace que el proceso sea mucho más rentable.

5.3.3. Ahorro en mano de obra

La envasadora original, para su funcionamiento, necesitaba contar por lo menos con dos personas para realizar el envasado. Con los cambios realizados, la envasadora para su perfecto funcionamiento solo necesita de una persona que este al pendiente de la operación y del manejo del tablero.

El costo generado por la mano de obra teniendo en cuenta que el sueldo básico de un operario es el mínimo, es decir \$ 358.000 aproximadamente por operario.

Al disminuir el número de operarios necesario a uno se estaría ahorrando para el proceso en general por lo menos un salario mínimo mensual, y si además, tenemos en cuenta la disminución de los tiempos de envasado, también se estaría ahorrando tiempo para que el

operario encargado se ocupe de otros procesos de la planta. Con lo cual finalmente se estarían disminuyendo los costos finales del procesado de 1 L de leche.

5.3.4. Ahorro total

Teniendo en cuenta los aspectos anteriormente nombrados, el ahorro total que realiza la Cooperativa invirtiendo en la adaptación de la envasadora se muestra en la tabla 5.6.

Tabla 5.6: Valores ahorrados por mes con la envasadora modificada

<i>Aspectos de ahorro por mes</i>	<i>Valor</i>
<i>Ahorro en mano de obra (un operario)</i>	<i>\$ 358000</i>
<i>Perdidas de producto elaborado</i>	<i>\$ 252000</i>
<i>Aumento del rendimiento de la envasadora</i>	<i>\$ 66400</i>
Total	\$ 676400

Como se puede observar, en un proceso al que solo se le han realizado mejoras a una pequeña parte de sus componentes (envasado), se está realizando un ahorro de 650400 mensuales, lo cual hace que del proceso se obtengan mejores ganancias lo que da un mejor margen de rentabilidad a la Cooperativa.

Y por ultimo, las adaptaciones realizadas al equipo mejoran la higiene en la línea de envasado, ya que el transporte del líquido se realizará por medio de materiales asépticos sin que haya un contacto directo del producto con el operario.

5.4. ENVASADORA VERTICAL AGIL INGENIERÍA.

Durante mucho tiempo el tipo de envasadoras empleadas para este trabajo fueron pioneras en el envasado de líquidos, las cuales presentaron siempre el mismo problema, ya que no mantenían constantes el nivel de líquido en el tanque almacenador y por lo tanto el volumen en cada bolsa era diferente perdiéndose gran parte del producto y del envase. Muchas de las empresas pioneras en el país en la producción de lácteos guardan entre su historia este tipo de envasadoras, utilizándolas incluso para el envasado de productos de bajo costo de producción y de poca rotación.

Este tipo de envasadoras se podría decir que casi han salido del mercado, pues han sido remplazadas por envasadoras verticales formadoras, llenadoras y selladoras, las cuales tienen un accionar completamente automático. El problema de este tipo de equipos son el gran costo que representan para una Empresa que se esté iniciando ya que están por el orden de los \$40'000.000 y además este tipo de Empresas no necesitan de equipos tan desarrollados pues sus producciones no sobrepasan el límite de los 500 L por día y a futuro no se espera que aumenten mucho por la competencia tan enorme que existe en el sector.

Por estos motivos y los mencionados en el capítulo anterior, se ha generado una necesidad en el sector agroindustrial de la región cafetera y es la de envasar de la mejor forma sus

productos, lo cual a su vez crea la necesidad de tener envasadoras económicas y eficientes para los productos y las cantidades que estos manejan.

Como se mencionó en el capítulo anterior la envasadora vertical que propone la Empresa AGIL Ingeniería es un equipo que se encargaría de dosificar, sellar y envasar productos líquidos.

Se trataría de un equipo semiautomático, de accionamiento neumático cuya eficiencia sería aproximadamente de 30 bolsas por segundo, esto dependiendo de el producto que se esté manejando

Este equipo estaría formado como se ve en la figura 5.1 por un tanque almacenador superior elaborado en acero inoxidable 304 especial para plantas de alimentos, con una capacidad aproximada de 10 galones. De la parte inferior de este, se desprende un tubo en el mismo material que será el encargado de conducir el líquido hasta su envase, y además servirá como soporte al material de envasado el cual debe venir preformado como un tubo en material plástico adecuado para el producto.

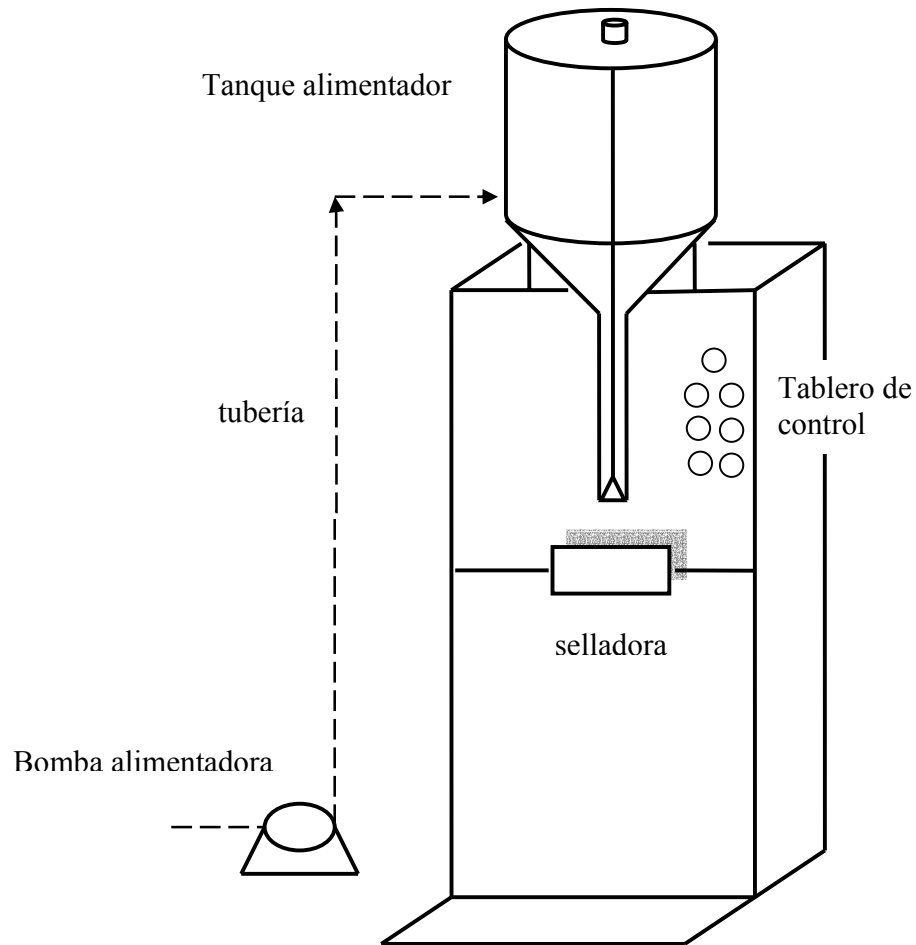
De la parte superior del tanque almacenador se desprende una varilla que termina en válvula como se observa en la figura 5.9. La función de esta válvula es impedir la salida del producto mientras no sea necesario y darle salida cuando todo este acondicionado, esta válvula se puede operar de forma manual y es accionada neumáticamente.

Después de abordar la parte de almacenamiento y transporte hasta el envase, el equipo contará con un sellador que se caracteriza por ser del tipo de soldadura por barra caliente la cual se explico en el capítulo 3. Este tipo de soldadura se elige porque es fácil de implementar y de utilizar, además produce un sellado agradable, el cual le da una buena presentación al producto. En este punto es necesario aclarar que el tipo de material utilizado para elaborar la barra debe tener ciertas características de tipo conductivo que le permitan realizar un buen trabajo.

Contamos con dos materiales metálicos muy eficientes para construir la barra, estos son el aluminio y el bronce. Para este tipo de soldaduras normalmente utilizan el aluminio por su bajo costo, pero en el caso de este equipo se trabajará con bronce ya que presenta mejor conductividad que el aluminio, lo cual le permite ser más eficiente energéticamente y no representa un sobre costo en el valor final del equipo.

Además se requiere de una base que debe ser formada en un material no corrosivo, ya que esto afectaría las condiciones de proceso. El diseño de esta base es aproximado a como se ve en la figura 5.9. Se trataría de un cajón, para que en su parte interna se acomoden otros componentes del sistema como lo son los cables, dos gatos hidráulicos, y una válvula solenoide todo o nada, estos dos últimos elementos son los encargados de enviar las señales neumáticas tanto a la válvula del tanque como al elemento de sellado.

Figura 5.9: Aproximación a la envasadora AGIL Ingeniería



Hasta aquí habríamos hablado de los componentes básicos de una envasadora manual los cuales, casi en su totalidad pueden ser elaborados en la Empresa AGIL Ingeniería. En este momento tendríamos en nuestras manos una envasadora manual, que en el mercado normal tiene un costo aproximado de \$ 4'000.000 y en la Empresa se tendría un costo de \$2'500.000 aproximadamente.

Como se ha visto a través de los tiempos, el trabajo que se realiza manualmente no es tan eficiente como el realizado de manera automática. Por lo tanto es necesario aplicarle control al equipo de tal manera que este sea eficiente y de este modo evitar pérdidas a la Empresa.

Inicialmente debemos pensar en las diferentes presentaciones de los productos que maneja una Empresa, pero además de esto en el variado número de productos.

Para las cantidades que maneja cada producto, podemos abordar el tema con la ayuda de temporizadores, los cuales se encargarán de en un determinado intervalo de tiempo

descargar una cantidad constante para cada temporizador. Se podría pensar que este temporizador podría manejar los diferentes productos, pero se estaría incluyendo un error en la medida, ya que el peso específico de cada producto es diferente y por lo tanto habrán unos fluidos que opondrán menos resistencia a bajar y necesitarán menos tiempo para descargar una cantidad determinada, mientras otros lo harán en un tiempo más elevado debido a su aumento en el peso.

Por los motivos expuestos, es necesario tener un temporizador para cada presentación de cada producto dentro del sistema de control.

Estos temporizadores podrían actuar de manera autónoma y el operario podría manejar el sellado y la buena adaptación del envase al producto; pero esto sería poco eficiente ya que se estaría hablando de una capacidad del equipo máxima de 5 bolsas por segundo y además se podría perder material y producto, ya que al no tener un tiempo adecuado de sellado, el envase podría quedar mal sellado o por el contrario quemarse.

Para manejar los diferentes tiempos de sellado, llenado, dosificado se utiliza un PLC de marca Moeller descrito en el capítulo anterior, los cuales ofrecen buena capacidad y además son económicos. Este PLC se programa de manera externa, por ordenador para que ejecute las diferentes operaciones que le son encomendadas pero además presenta la comodidad de poder cambiar parámetros del programa desde el PLC, como son tiempos de sellado o llenado, así como ofrece la posibilidad de llevar una contabilidad de el número de productos envasados o parar el equipo hasta un número de envases definido, lo cual le da una mayor funcionalidad al equipo de envasado.

Hasta este momento tenemos una envasadora semiautomática, ideal para microempresas procesadoras de productos alimenticios líquidos.

En este punto se encuentra la envasadora de la Cooperativa Agroindustrial de San Clemente la cual tiene un buen rendimiento, necesita la ayuda de un operario para direccionar el material del envase y llevarlo hasta un contenedor final.

Pero el envasado final presenta el problema de que no todas las bolsas contienen el mismo volumen y esto es debido a que al disminuir el volumen en el tanque almacenador, disminuye la presión que ejerce el volumen total, y por lo tanto la cantidad de líquido que entra a cada envase no es la misma. Por lo tanto es necesario implementar un control de nivel que maneje de manera adecuada este problema y que no aumente el costo final de la envasadora semiautomática.

CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos son satisfactorios, comparando los datos arrojados por la envasadora sin modificar, contra los datos obtenidos con la envasadora modificada se encuentran disminuciones en la desviación estándar, pasando de 7,39 para la primera a 0,24 para la modificada, con lo cual se corrobora la necesidad de implementar este control de nivel a la envasadora.
- El control de nivel adaptado a la envasadora le proporciona ventajas a la Cooperativa, sobre todo a nivel económico; ya que podrá ahorrar hasta \$650.400 pesos por mes lo cual hace más rentable el proceso.
- El trabajo desarrollado se realizó con limitaciones económicas, lo cual hace más difícil la búsqueda de los materiales necesarios para la realización del mismo.
- Con la elaboración de este trabajo se encontró un déficit en el mercado de envasadoras, ya que son muy necesarias para las industrias que se están empezando a gestar en la región como Viterlac ubicada en Viterbo, la de lácteos ubicada en Apía, o la Empresa de agua de consumo que generará Pueblo Rico, todas nuevas Empresas de la región que necesitan envasar sus productos.
- Es necesario la integración de los profesionales de la región con las empresas crecientes en el mismo para el desarrollo de tecnología que se adapte a sus necesidades y de esta manera hacer más rentables los procesos productivos.
- La industria de alimentos es delicada, ya que necesita de materiales adecuados que no intervengan en el contenido del producto, lo cual la hace más costosa a la hora de ser automatizada.
- El estado del arte sobre envasadoras es pobre, ya que los estudios que se realizan sobre ellas son hechos por las empresas que las desarrollan y estos no son de conocimiento público. Considerando el tema casi por completo abordado en cuestión tecnológica.
- Los artículos encontrados en la revisión bibliográfica están más destinados a resolver problemas del envase y no del envasado.
- Para el desarrollo de un trabajo de automatización es indispensable el buen conocimiento que se tenga de la planta en general, en este caso de la planta de lácteos y de la línea de envasado; ya que cualquier particularidad de la planta puede influenciar los resultados obtenidos con la automatización.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Madrid A., Cenzano I. y Vicente J. M. *Nuevo Manual de Industrias alimentarias*. A Madrid Vicente, Ediciones. 1994.
2. Amiot J. *Ciencia y tecnología de la leche. Principios y aplicaciones*. Editorial Acribia. 1991.
3. Paine F., Paine H. *Manual de envasado de alimentos*. A Madrid Vicente Ediciones. 1994
4. Heiss R. *Principio de envasado de los alimentos. Guía Internacional*. Editorial ACRIBIA, Zaragoza 1978
5. McFarlane, Ian. *Control automático de la fabricación de alimentos y bebidas*. A Madrid Vicente Ediciones. Primera edición en español, 1997.
6. Smith, C. Corripio, A. *Control automático de procesos. Teoría y práctica*. Editorial LIMUSA. 1999.
7. Creus, S. Antonio. *Instrumentación Industrial*. Tercera Edición. BOIXAREU EDITORES, Barcelona 1985.
8. Wadle, Christian. *Memorias seminario de Instrumentación Industrial en las industrias Químicas y Farmacéuticas, Endress + Hauser*. COLSEIN, Cali Valle, Octubre 2 de 2002.
9. FEDEGAN. *La ganadería Bovina en Colombia 2001- 2002*. Edición Federación Colombiana de Ganaderos 2002.
10. *Memorias Curso Programación de PLC's*. Universidad Nacional de Colombia. Enero de 2002.
11. *Catálogo: Maniobrar y controlar es más fácil con EASY*. Moeller. Printed in The Federal Republic of Germany. Septiembre de 1999.
12. Kern, Donald Q. *Procesos de Transferencia de Calor*. Compañía Editorial Continental S.A. de C.V. (CECSA). México. 1997.