

Información Importante

La Universidad Santo Tomás, informa que el(los) autor(es) ha(n) autorizado a usuarios internos y externos de la institución a consultar el contenido de este documento a través del catálogo en línea, página web y Repositorio Institucional del CRAI-USTA, así como en las redes sociales y demás sitios web de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

Se permite la consulta a los usuarios interesados en el contenido de este documento, para todos los usos que tengan **finalidad académica**, siempre y cuando mediante la correspondiente cita bibliográfica se le dé crédito al trabajo de grado y a su autor, nunca para usos comerciales.

De conformidad con lo establecido en el Artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, la Universidad Santo Tomás informa que “los derechos morales sobre documento son propiedad de los autores, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.”

**Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación, CRAI-USTA
Universidad Santo Tomás, Bucaramanga**

Diseño y coordinación en la fabricación de finales de línea para la industria de productos lácteos

*James Guillermo Moncada Becerra
Facultad Ingeniería mecatrónica
Universidad Santo Tomas
james.moncada@ustabuca.edu.co*

*Tutor
Edward Fernando Sánchez Valero
Coordinador de Fabricación
Empresa de Soluciones Servicios e Innovación
Edward.sanchez@essisas.com*

*Director de practica
Félix Antonio Pérez Rondón
Magister en Controles Industriales
felix.perez@ustabuca.edu.co*

Resumen— El crecimiento de la población humana exige una mayor cantidad de productos todos los días. Esto requiere que cada industria debe encontrar la manera de aumentar la velocidad y la eficiencia en sus producciones. La industria láctea son las compañías que tienen las mayores responsabilidades debido al hecho de que los productos lácteos son importantes en la dieta de las personas. ESSI SAS es una empresa colombiana que busca diseñar y fabricar máquinas y sistemas capaces de automatizar los procesos de producción en las industrias lácteas, lo que aumenta la cantidad de productos que las industrias pueden fabricar. Este artículo explica el diseño y la fabricación de "Finales de línea", un sistema a cargo de transportar y empaçar bolsas de leche.

Palabras clave— Automatizar, Crecimiento, Eficiencia, Lácteo, Sistema.

Abstract—Human population growth is demanding a bigger quantity of products every day. This requires every single industry must find the way to increase the velocity and efficiency in its productions. Dairy industry are the companies which have the biggest responsibilities due to the fact dairy products are important in people's diets. ESSI SAS is a Colombian company seeking to design and fabricate machines and systems capable of automating production processes in the dairy industries which increases the quantity of products industries can fabricate. This article explains the design and fabrication of "End of line", a system in charge of convey and pack milk bags.

Index Terms— Automate, Dairy, Efficiency, Growth, System.

I. INTRODUCCIÓN

La industria láctea es uno de los sectores de la economía que genera una mayor cantidad de empleo en el mundo. Según la FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, alrededor de 150 millones de hogares se dedican a la producción de leche y productos lácteos [1]. En las últimas tres décadas el consumo de leche aumento en más del 58%, de 522 a 828 millones de toneladas, lo cual se ve fuertemente relacionado con el aumento de la población mundial [1].

Con el fin de cumplir con la demanda de productos lácteos se hace necesaria la automatización [2] en el proceso de fabricación, el cual empieza con la pasteurización, proceso en el cual se eliminan bacterias y otros microorganismos, posteriormente, se llevan a cabo procesos de homogenización, esterilización, ultra pasteurización (UHT) [3], para finalmente envasarse y distribuirse al consumidor final. Si bien, una buena parte de este proceso ya se encuentra automatizado, existe una necesidad inmediata de diseñar y construir maquinaria capaz de disponer eficazmente las bolsas de leche en sus empaques finales, proceso que, aunque ya no es desarrollado por personas, requiere algunas mejoras.

ESSI, empresa santandereana dedicada al diseño y fabricación de maquinaria para la industria láctea [4], tiene como principal objetivo el desarrollo de sistemas que se ajusten a las necesidades específicas de sus diferentes clientes, por lo que la práctica empresarial que se expone en este documento, se basó

en el diseño y coordinación en la fabricación de finales de línea, sistemas encargados de recolectar las bolsas de leche a la salida de la envasadora, transportarlas, disponerles en empaques por 6, 4 o 3 unidades en el caso del enfardado o empacarles en cajas de cartón o cestillos. El valor agregado que ESSi ofrece a sus clientes, es el diseño de sistemas a medidas, capaces de adaptarse a los espacios con los que cuentan las industrias.

II. DESARROLLO DE LA PRACTICA

1.) Ingeniería de detalle:

Tal y como se mencionó anteriormente, una de las mayores diferencias entre los productos desarrollados por ESSi y su competencia, es que la empresa santandereana ofrece a sus clientes sistemas a la medida, lo que conlleva a que el paso inicial para el desarrollo del final de línea sea conocer a detalle el espacio en el que este será adecuado, esto puede ser logrado visitando la planta o solicitando al cliente planos que permitan conocer detalladamente el espacio disponible. Esta primera etapa es desarrollada en conjunto por el coordinador de final de línea y el ingeniero de procesos.

Una vez se conocen las dimensiones y características de los espacios en los que se adecuara el final de línea, se lleva a cabo una reunión entre el coordinador, el ingeniero de procesos y el programador, en esta se definen de forma general los diferentes instrumentos que conformaran al sistema, tales como la banda transportadora, sensores para la detección de las cajas en las que se empacaran las bolsas de leche, sensores para el conteo de bolsas, mecanismos que permitan la separación de bolsas según sus características y demás actuadores necesarios en el desarrollo del proceso.

El último paso de esta etapa es generar la cotización correspondiente al total de los gastos en que se incurrirán para el desarrollo del proyecto, para finalmente informar al cliente y ser autorizados para iniciar la construcción del sistema.

2.) Diseño y construcción de bandas transportadoras y sistemas especiales:

Una vez se cuenta con el visto bueno del cliente para el desarrollo del sistema, se inicia el diseño a detalle. Inicialmente, según los requerimientos del cliente, se harán cálculos [5] y la selección de la banda transportadora a implementar, las características de esta dependerán de diversos factores, entre ellos los mencionados a continuación:

- **Inclinación de la banda transportadora:** Debido a la condición de máquina del Bagger, en ocasiones se hace necesario elevar las bolsas de leche a una altura de 2.8 metros. Es importante mencionar que, en caso de requerir dicha, se hace necesario la instalación de elementos conocidos como friction top [6], los cuales debido al material en el que se encuentran contruidos, no permiten que los objetos en su superficie se deslicen. Si bien, estos elementos usualmente son suficientes para conseguir el comportamiento

adecuado de las bolsas, en caso de que la banda transportadora se incline a más de 27° , se deben implementar bandas superiores de rodillos.

- **Curvatura de la banda transportadora:** Dado que el principal valor agregado del final de línea que está siendo construido es la adaptabilidad en los espacios disponibles por el cliente, existen sistemas en los que se requieren curvaturas en la banda transportadora, lo que conlleva a la adquisición de bandas especiales, usualmente más costosas que permitan adecuarse a la forma deseada. Además, se implementan diferentes cálculos matemáticos que permiten hallar el radio mínimo de curvatura que debe cumplir la banda en construcción.
- **Requerimientos en motores [7]:** Si bien, la marca de los motores utilizados para generar el movimiento de las bandas transportadoras suele ser Nord, se le permite al cliente la selección del motor que desea sea implementado en su sistema. Existen diversas marcas disponibles entre estas SEW, Siemens, WEG, entre otras.

Además de especificaciones en la banda transportadora, existen finales de línea que podrían requerir sistemas especiales como los presentados a continuación:

- **Desviadores de caja:** Sistema encargado de cambiar la orientación y dirección de una caja, se utiliza con el fin de posicionar los cestillos en la ubicación en la que recibirán las bolsas de leche.



Fig. 1 Desviador de caja

- **Frenos:** Dado que la banda transportadora está en constante movimiento y existen ocasiones en las que se hace necesario que la caja o el cestillo mantengan una posición específica, es allí donde se requiere la implementación de frenos.

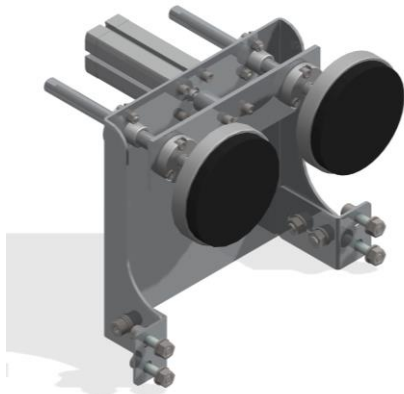


Fig. 2 Freno lateral



Fig. 3 Freno seco.

- Compuerta de paso: Sistema capaz de permitir o detener el flujo de bolsas de leche dependiendo del estado en el que se encuentren las etapas posteriores.



Fig. 4 Compuerta de paso - Abierta

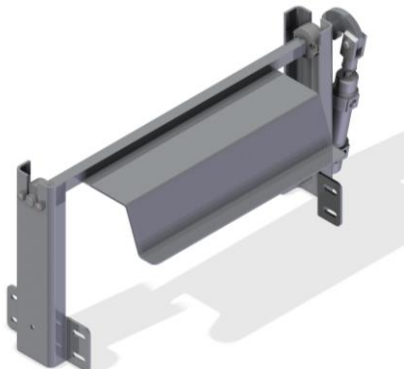


Fig. 5 Compuerta de paso - Cerrada

- Volteador: Sistema utilizado con el fin de orientar las bolsas de leche hacia una dirección específica.

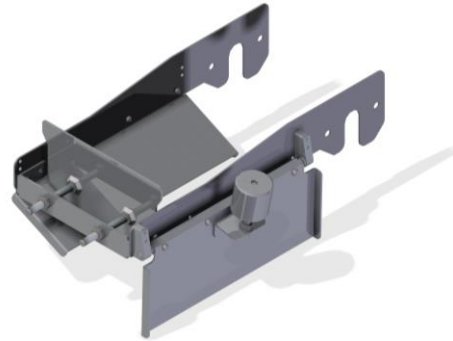


Fig. 6 Volteador - Abierto

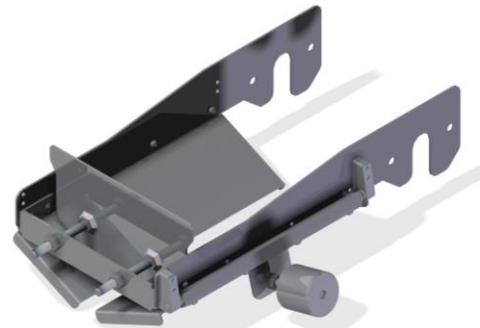


Fig. 7 Volteador - Cerrado

3.) Documentación y puesta en marcha del proyecto:

Al terminar la fabricación del sistema y entregarlo al cliente, se hace necesario brindar diferentes capacitaciones que permitan a los operarios de la industria láctea aprender el correcto funcionamiento del sistema adquirido, por lo que, por un periodo de al menos 30 días, una parte del equipo encargado de la fabricación del sistema estará a cargo de brindar soporte técnico presencial en las instalaciones del cliente. Además de esto, se entrega un manual de usuario que contiene información importante del final de línea, dicho manual presenta el contenido expuesto a continuación:

- Generalidades del packer: Identificación de la máquina, características generales, dimensiones del packer, herramientas y equipos de seguridad y medidas de prevención.
- Guía de instalación del packer: Instrucciones para el desplazamiento, almacenamiento del equipo.
- Sistemas que componen el final de línea: Bandas transportadoras, freno seco, freno lateral, volteador, compuerta de paso, packer, desviador de cajas y sistemas de control.
- Instrucciones de uso: Operación del packer, operación de bandas.

- Manual de partes: Freno seco, freno lateral, volteador, compuerta de paso, packer y desviador de cajas.
- Plan de mantenimiento.
- Planos eléctricos.



Fig. 8 Portada manual de operaciones PACKER ESSI

El grafico presentado a continuación, pueden apreciarse las etapas necesarias para el diseño y construcción de finales de línea.

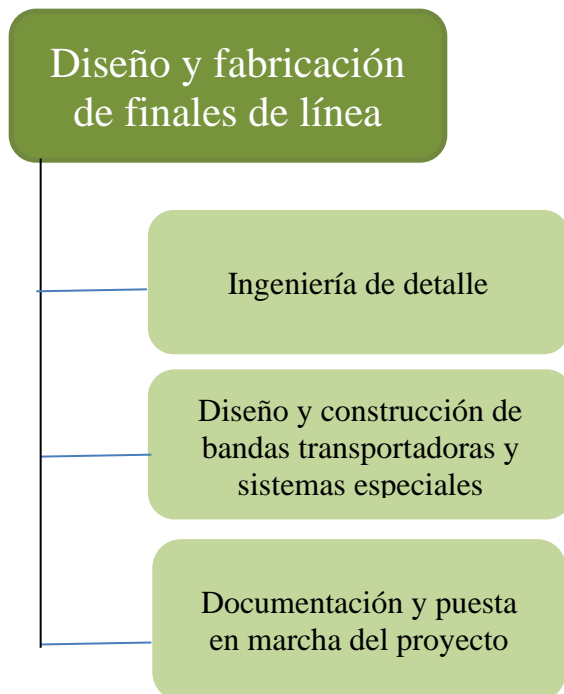


Fig. 9 Secuencia de etapas para la fabricación de finales de línea

III. RESULTADOS

A lo largo de la práctica empresarial desarrollada, se desarrollaron al menos 4 finales de línea para diferentes empresas, cada uno de estos diseñado a medida de lo solicitado por el cliente. A continuación, es posible apreciar un diseño inicial de uno de los sistemas desarrollados:

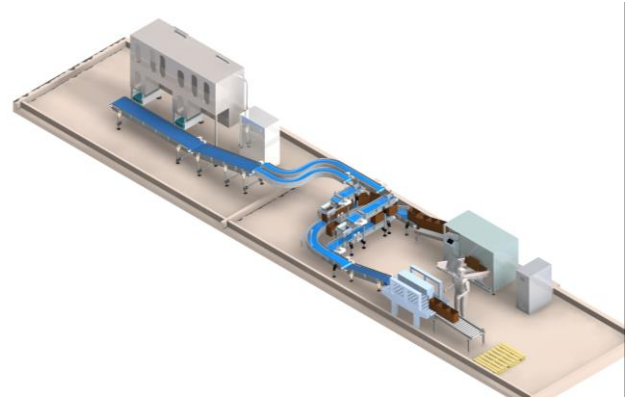


Fig. 10 Distribución de planta

El sistema presentado anteriormente se trataba de un final de línea compuesto por dos Packers, máquinas encargadas de empaquetar las bolsas de leche en cajas o cestillos. Uno de los requerimientos específicos en la construcción de este sistema, era el poco espacio disponible para su adecuación, razón por la cual fue necesaria una banda transportadora curva y una distribución alargada de los componentes.

Los diferentes componentes que integran a los finales de línea son diseñados en el software SolidEdge, en el cual también se llevan a cabo análisis de fuerzas que permiten validar que las piezas diseñadas estarán en capacidad de desarrollar el trabajo necesario sin complicaciones. Una vez han sido diseñados, se procede con su construcción, la cual se realiza mayormente en las instalaciones de ESSI.

El resultado final del final de línea construido puede ser apreciado en las imágenes presentadas a continuación:



Fig. 11 Vista frontal packers ensamblados



Fig. 12 Vista lateral ensamble de packer con sistemas especiales



Fig. 13 Embalaje de bandas curvas



Fig. 14 Estibado de bandas

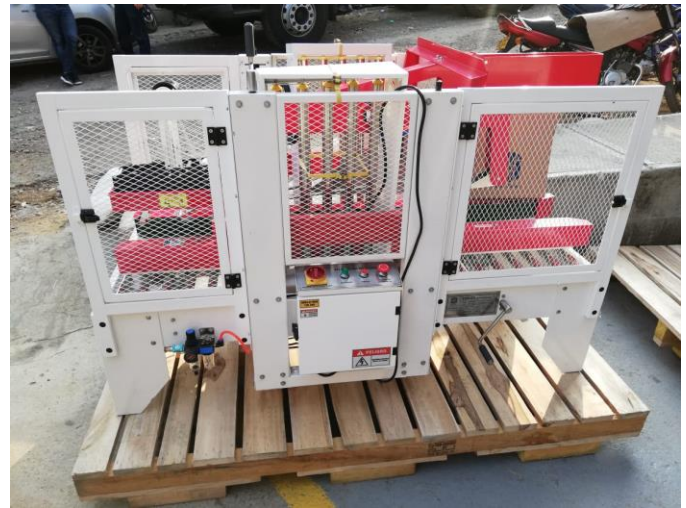


Fig. 15 Encintadora Semiautomática

IV. CONCLUSIONES

- 1.) Automatizar el proceso de producción láctea no solamente resultara en una mayor rentabilidad para las empresas, sino que también mejorara los índices de salubridad de los productos entregados al consumidor final.
- 2.) Se hace necesario que las industrias lácteas cuenten con máquinas capaces de realizar los diferentes procesos a velocidades similares, buscando de esta forma que ningún sistema tenga que funcionar a una menor velocidad debido a que la etapa posterior no esta en capacidad de trabajar tan rápido.
- 3.) El diseño de finales de línea y en general, cualquier sistema construido para la industria láctea debe ser desarrollado considerando la importancia de manipular tan suave como sea posible las bolsas de leche, dado que uno de los objetivos principales de estas industrias es disminuir el calibre de sus bolsas [8], aumentándose así el riesgo de que las maquinas generen orificios en los empaques.

V. REFERENCIAS

- [1] FAO, «Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura.» [En línea]. Available: <http://www.fao.org/dairy-production-products/production/es/>. [Último acceso: 12 Julio 2019].
- [2] P. Ponsa Asencio y R. Vilanova Arbós, Automatización de procesos mediante la guía GEMMA, Universitat Politecnica de Catalunya: Iniciativa Digital Politecnica, 2006.
- [3] J. Llona Larrauri, «¿Qué es la leche UHT?».KUB.

- [4] ESSI, «Empresa de soluciones servicios e innovación,» [En línea]. Available: www.essi.com.co. [Último acceso: 5 Junio 2019].
- [5] F. Movements Systems, «sieling transilon, bandas de transporte y procesamiento,» Forbo Siegling GmbH, Lilienthalstraße, Alemania, 2016.
- [6] J. I. U. Ltda, «Elementos Industriales,» [En línea]. Available: <http://www.elementosindustriales.com/web/pdf/jason/bandaconveyor.pdf>. [Último acceso: 17 Junio 2019].
- [7] WEG, «Selección y aplicación de motores eléctricos,» *Ingeniería eléctrica*, vol. 308, pp. 44-48, Abril 2016.
- [8] Alquería, «Alquería,» [En línea]. Available: <https://www.alqueria.com.co/alqueria-reduce-el-15-porcentaje-de-plastico/>. [Último acceso: 10 Julio 2019].