

**AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE DOSIFICACIÓN DE LACTASA EN UNA
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE LECHE**

ALDO SEBASTIÁN RUEDA MONTAÑEZ

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA
BUCARAMANGA**

2014

**AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE DOSIFICACIÓN DE LACTASA EN UNA
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE LECHE**

ALDO SEBASTIÁN RUEDA MONTAÑEZ

**Proyecto de Grado presentado como requisito para optar al título de
Ingeniero Electrónico**

Director:

ALEX ALBERTO MONCLOU SALCEDO

Magister en Ingeniería electrónica

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA
BUCARAMANGA**

2014

AGRADECIMIENTOS

A mi madre Ligia Montañez Pradilla y a mi padre Iván Rueda García, los cuales han sido el pilar fundamental en mi vida, gracias a ellos tuve la oportunidad de estudiar en esta universidad y obtener un título profesional el cual me llevará a escalar en el mundo laboral.

Al Ingeniero Arnulfo Pinzón Santos, coordinador de mantenimiento de la empresa FRESKALECHE S.A, por su acompañamiento y asesoría en el transcurso del trabajo en esta empresa.

A los compañeros que conforman el equipo del área de mantenimiento de la empresa FRESKALECHE S.A, con los cuales se realizó un trabajo en conjunto para obtener un excelente resultado.

A mi director de tesis el Ingeniero Alex Monclou Salcedo por su acompañamiento, dedicación y esfuerzo durante esta etapa ya que siempre estuvo pendiente de mis avances y resultados obtenidos.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCION	12
1. JUSTIFICACION	13
3. MARCO TEORICO	15
3.1 HISTORIA DE LA LECHE	15
3.2 ¿QUÉ ES LA LECHE?	16
3.3 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LA LECHE	17
3.3.1 El pH de la leche	17
3.3.2 Densidad	17
3.3.3 Punto de congelación	18
3.4 COMPONENTES QUÍMICOS DE LA LECHE	18
3.4.1 El agua	19
3.4.2 Proteína	19
3.4.3 Grasa	19
3.4.4 Lactosa	20
3.4.5 Los Minerales	20
3.5 MICROBIOLOGÍA DE LA LECHE	20
4. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LECHE	21
4.1 ORDEÑO	21
4.1.1 Ordeño Manual	21
4.1.2 Ordeño Mecánico	23
4.2 CENTRO DE ACOPIO	25
4.3 TRANSPORTE DE LECHE CRUDA	27
4.3.1 Recibo de leche cruda	28
4.4 LECHE CRUDA	29
4.5 LECHE TERMIZADA	30
4.6 LECHE PASTEURIZADA	30

4.7.1.1 Esterilización	31
4.7.1.2 Producción	31
4.7.1.3 Limpieza aséptica intermedia	31
4.7.1.4 Limpieza en sitio	32
4.7.2 Etapas del Proceso de Ultra alta temperatura (UHT/UAT)	32
5. EQUIPOS DEL PROCESO DE ULTRA ALTA TEMPERATURA (UHT/UAT)	34
5.1. EQUIPO ESTERILIZADOR	34
5.2 MÁQUINA ENVASADORA	36
5.3 EQUIPO TETRA ALDOSE	37
6. METODOLOGÍA DEL DESARROLLO	39
6.1 CAPACITACIÓN FORMAL	39
6.2 RECONOCIMIENTO DEL EQUIPO TETRA ALDOSE	39
6.2.1 Dispositivo de corriente residual	40
6.2.2 Dispositivo guarda motor	41
6.2.3 Relé de seguridad	42
6.2.4 Fuente de alimentación eléctrica	43
6.2.5 Rack de electroválvulas	43
6.2.6 Controlador CompactLogix (Rockwell automation) 1768	44
6.2.10 Depósito de compensación BTD 100 con enfriador y mezclador	48
6.3 ADECUACIONES EN SITIO MÁQUINA TETRA ALDOSE	48
6.3.1 Aire de instrumentos	48
6.3.2 Vapor	49
6.4 PUESTA EN MARCHA MÁQUINA TETRA ALDOSE	50
6.5 CONEXIONES DE EQUIPO TETRA ALDOSE CON EL RESTO DEL PROCESO	51
6.5.1 Asignación de señales digitales desde Tetra Aldose hacia esterilizador REDA	52
6.5.2 Asignación de señales digitales desde esterilizador REDA hacia Tetra Aldose	55
CONCLUSIONES	60

GLOSARIO

62

BIBLIOGRAFÍA

63

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Composición química de la leche.	18
Tabla 2. Descripción de señales de salida desde Tetra Aldose hacia entradas del Esterilizador REDA	52
Tabla 3. Descripción de señales de salida desde equipo REDA hacia entradas del Tetra aldose.	55
Tabla 4. Seguimiento a ciclos de trabajo para equipo dosificador de enzima-tetra aldose	59

LISTA DE FOTOS

	pág.
Foto 1. Esterilizador Reda 1000 L/h	34
Foto 2. Envasadora aséptica ESSI A3.	36
Foto 3. Equipo Tetra Aldose	37
Foto 4. Equipo Tetra Aldose ubicado en planta Freskaleche S.A	40
Foto 5. Dispositivo de corriente residual SIEMENS	40
Foto 6. Dispositivo guarda motor	41
Foto 7. Relé de seguridad	42
Foto 8. Fuente de alimentación eléctrica	43
Foto 9. Rack de electroválvulas	43
Foto 10. Controlador CompactLogix	44
Foto 11. Módulos E/S del sistema CompactLogix	45
Foto 12. Panel de operación	45
Foto 13. Transmisor de caudal	46
Foto 14. Transmisor de caudal	47
Foto 15. Depósito de compensación BTD 100 con enfriador y mezclador	48

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Ubre de la vaca seccionada	22
Figura 2. Leche filtrada a través del tamiz y depositada en cantinas	23
Figura 3. Proceso de ordeño mecánico	24
Figura 4. Etapas del Proceso de Ultra alta temperatura (UHT/UAT)	32
Figura 5. Vista general sala UHT planta Freskaleche Bucaramanga	33
Figura 6. Diagrama unifilar de conexiones modulo salidas Tetra Aldose y módulo de entradas equipo REDA	54
Figura 7. Diagrama unifilar de conexiones modulo salidas REDA y módulo de entradas equipo Tetra aldose	57

TITULO: AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE DOSIFICACIÓN DE LACTASA EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE LECHE.

AUTOR: ALDO SEBASTIAN RUEDA MONTAÑEZ

FACULTAD: INGENIERIA ELECTRONICA

DIRECTOR: ALEX ALBERTO MONCLOU SALCEDO

RESUMEN

Actualmente las industrias de lácteos ofrecen tres variedades de tipos de leche que son: leche entera larga vida (UHT), leche light y leche deslactosada, esta última es obtenida de forma manual, en donde el operario agrega cierta cantidad de enzima (lactasa) en un tanque de conservación de leche por un tiempo aproximado de 24 horas, proceso que puede generar grandes pérdidas para la empresa dado que el producto ya pasteurizado se expone a una acidificación de la leche la cual no es apta para el consumo humano.

Por lo tanto se hace necesario automatizar este proceso, de tal forma que la dosificación de la enzima lactasa se debe realizar en línea de una manera aséptica, después del proceso de esterilización de la leche y antes de su envasado.

La empresa FRESKALECHE S.A desea implementar el equipo Tetra Aldose que cuenta con una gran instrumentación electrónica como, transmisores de temperatura PT100, transmisores de presión, transmisor indicador de flujo, sensores inductivos, transmisor de nivel y electroválvulas. Todo esto es controlado mediante un PLC.

Se realizan varias visitas a la planta de FRESKALECHE S.A., teniendo como objetivo conocer la línea de producción de leche UHT (Larga Vida), en donde se conoce cada etapa que conforma el proceso de leche desde la obtención de leche cruda hasta el empaque de leche, también se realiza el levantamiento de información técnica sobre el equipo Tetra Aldose

Se realiza acompañamiento como ingeniero encargado de las conexiones eléctricas y electrónicas del equipo en conjunto con el ingeniero de TETRA PAK, empresa proveedora del equipo, el cual realiza el arranque y puesta en marcha del equipo, se implementan planos de conexión del equipo tetra aldose con el resto del proceso y se implementa una tabla de seguimiento a los ciclos de trabajo del equipo en donde el operario se mantiene informado periódicamente del funcionamiento del mismo.

PALABRAS CLAVES: leche larga vida, lactasa, pasteurización, acidificación, enzima.

TITLE: PROCESS AUTOMATION LACTASA DOSAGE IN A MILK PRODUCTION PLANT.

AUTHOR: ALDO SEBASTIAN RUEDA MONTAÑEZ

FACULTY: ELECTRONIC ENGINEERING

DIRECTOR: ALEX ALBERTO MONCLOU SALCEDO

ABSTRACT

Currently the dairy offer three varieties of milk types are: ultra high temperature (UHT) milk, light milk and lactose-free milk, the latter is manufactured manually, where the operator adds a certain amount of enzyme (lactase) in a tank storage of milk for a period of approximately 24 hours, a process can generate large losses for the company since the already pasteurized product is exposed to an acidification of milk which is unfit for human consumption.

Therefore it is necessary to automate this process so that the dosage of the lactase enzyme should be performed in a sterile line, after the sterilization process and before to packaging milk.

The company FRESKALECHE SA wants to implement the equipment Tetra Aldose that has a large electronic instrumentation as PT100 temperature transmitters, pressure transmitters, flow indicator transmitter, inductive sensors, level transmitter and solenoid. All this is controlled by a PLC.

Several visits are made to the plant FRESKALECHE SA, aiming to meet the production line UHT, where it is known each stage forming process milk from procurement of raw milk to the packing, getting technical information on the equipment Tetra Aldose.

Accompaniment as engineer in charge of the electrical and electronic equipment connections together with TETRA PAK engineer, as supplier of equipment, which performs startup and commissioning of the equipment, plans are implemented connecting equipment with tetra aldose to the rest of the process and a table of monitoring cycles work is implemented where the operator is kept regularly informed of the operation.

KEY WORDS: ultra high temperatura milk, lactase, pasteurization, acidification, enzyme.

INTRODUCCION

Se presentará la planeación y ejecución de la automatización del proceso de dosificación de lactasa en la leche, mostrando las ventajas en cuanto a las variables de costos y riesgos en el proceso manual que es el utilizado actualmente.

Puesto que la dosificación de lactasa en la leche es una parte del proceso macro de producción de leche larga vida o ultra alta temperatura (UHT), se mostrará cada etapa del proceso llevado a cabo desde que la leche cruda ingresa a la planta, hasta el momento de ser entregada al consumidor.

El proyecto de grado se desarrollará en la empresa FRESKALECHE S.A quien planea adquirir un equipo con características electrónicas, mecánicas y neumáticas, las cuales cumple el equipo Tetra Aldose de la empresa TETRA PAK marca reconocida en la industria lechera.

El interés de la empresa en este proceso industrial se da debido a que un segmento del mercado de la leche lo ocupa la deslactosada cuyo consumidor es la persona que es intolerante a la lactosa.

1. JUSTIFICACION

Actualmente la dosificación de lactasa en la leche se realiza de manera manual, en donde el operario adiciona un porcentaje de enzima lactasa en los tanques de almacenamiento de producto (leche) por un periodo de 24 horas lo cual causa un crecimiento bacteriano que se manifiesta como acidificación en la leche, problema que se puede evitar mediante la automatización en línea de manera aséptica.

Cada día la competencia en las industrias lácteas y la exigencia en la calidad del producto ofrecido al consumidor crecen, es por eso que las empresas se ven obligadas a ofrecer un mejor producto y de excelente calidad. Se hace necesario implementar nuevas opciones en la industria de leche y automatizar un proceso es la oportunidad en las empresas para reducir costos en la parte operativa, optimizar los insumos en la producción de leche y ofrecer al mercado un producto de mejor calidad.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Presentar el proceso de automatización de la dosificación de lactasa mediante el equipo Tetra aldose, adquirido por la empresa FRESKALECHE S.A.

2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Presentar el proceso de producción de la leche, mostrando cada etapa de la tecnología usada.
- Explicar las conexiones para la comunicación entre el equipo dosificador de lactasa y el resto del proceso.
- Mostrar la importancia de automatizar el proceso de dosificación de lactasa.

3. MARCO TEORICO

3.1 HISTORIA DE LA LECHE

En la antigüedad los griegos y los romanos se caracterizaban por ser poco consumidores de leche, únicamente el queso era fundamental en su dieta. En la Edad Media y hasta el siglo XVII, el consumo de leche se concentraba en el mundo rural. Era un alimento poco apreciado que incluso atraía la desconfianza de los médicos de la época, no debe olvidarse que la leche fue tradicionalmente el vehículo de transporte de la fiebre de malta en el siglo XIX. Con los progresos de la ciencia y la tecnología la leche salió del campo, los problemas de transporte se resolvieron con el tren, mientras que los problemas de la conservación e higiene se resolvieron con la esterilización y posteriormente con la pasteurización.

En el siglo XX se introdujo progresivamente la cadena de frío y se pusieron a punto nuevas técnicas de conservación que han permitido que la leche se convierta en la materia prima de una importante Industria y esté al alcance de los consumidores de forma cómoda, segura y económica.

A lo largo de los tiempos, el hombre aprendió a transformar la leche. Tanto para conservarla durante más tiempo como para variar sus formas de consumo. Así fueron apareciendo los derivados lácteos como: el queso el yogurt, la mantequilla, el kumis y la nata, que hoy en día componen uno de los más importantes grupos de alimentos consumidos en la dieta diaria del ser humano.¹

¹ BATRINA, Aranceta. Leche, lácteos y salud. Madrid: Editorial Médica Panamericana S.A., 2006, p. 2-3

3.2 ¿QUÉ ES LA LECHE?

La leche desde un punto de vista biológico, es la secreción de las hembras de los mamíferos, cuya misión es satisfacer los requerimientos nutricionales del recién nacido en sus primeros meses de vida. La leche cruda recién ordeñada es un producto perecedero, más o menos contaminado que necesita ser procesado tanto para garantizar la calidad higiénico-sanitaria, como para prolongar la vida útil del producto. Estos tratamientos consisten en someter a la leche a combinaciones adecuadas de tiempo y temperatura que no alteran sensiblemente las propiedades organolépticas y nutricionales de la leche.

La leche es un producto íntegro no adulterado ni alterado, procedente del ordeño higiénico completo e íntegro de vacas sanas y bien alimentadas. De este alimento obtendremos a partir de sus componentes otros productos diferentes².

Es un producto nutritivo constituido principalmente por proteínas, calcio y vitaminas A, B1 y B2 que se encuentran ya sea en solución, suspensión o emulsión en agua.

En un orden de importancia de acuerdo a los porcentajes de contenidos, los componentes de la leche son los siguientes:

Agua: La leche contiene aproximadamente un 87% de este líquido y se encuentra en dos formas: ligada y libre.

Agua ligada: Representa más o menos un 3%, se encuentra retenida las sustancias que no forman una solución verdadera, como es el caso de la caseína, la principal proteína de la leche, se encuentra dispersa en un gran número de partículas sólidas tan pequeñas que no sedimentan y permanecen en suspensión. Estas partículas se

² GIL HERNANDEZ, Ángel. Tratado de nutrición, composición y calidad nutritiva de los alimentos, Tomo II. Madrid, 2010, p. 3

llaman micelas y la dispersión de las mismas en la leche se llama suspensión coloidal. Otro componente de la leche es la grasa y las vitaminas solubles que se encuentran en forma de suspensión de pequeños glóbulos líquidos que no se mezclan con el agua de la leche.

Agua libre: En ella se encuentran los demás componentes en diferentes formas de solución. Este grupo de componentes de la leche constituyen los sólidos totales, que representa el 13% del contenido lácteo y se divide en dos tipos, los sólidos grasos (S.G) aproximadamente un 3.5% y los sólidos no grasos (S.N.G) que son cerca del 9.5%.³

3.3 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LA LECHE

3.3.1 El pH de la leche. Es ligeramente ácido, alrededor de 6,8 si se consideran todas las sustancias que componen la leche, esto indica la abundancia relativa de restos ácidos, como los grupos carboxílicos de los aminoácidos, aniones fosfato y citrato. También cabe destacar que en la práctica pueden llegar a ser importantes los restos de ácido láctico procedentes de la actividad metabólica de la población bacteriana que inevitablemente contamina la leche durante su manipulación y aumenta el grado de acidez.⁴

3.3.2 Densidad. Se habla de densidad de la leche cuando se hace referencia en realidad a su peso específico puesto que es éste el que se mide. Como indica su nombre es la determinación del peso de un volumen determinado de una sustancia en comparación con el peso del mismo volumen de agua a una temperatura previamente fijada.

³ GALLARDO TEPETITLAN, Vilma Isabel. Composición química de la leche [en línea]. Octubre de 2012. [Citado 16 feb. 2013]. Disponible en Internet: <URL:<http://composicionquimicadela leche2.blogspot.com/>>

⁴ GIL HERNÁNDEZ, Ángel, Op. Cit., p. 3

El peso específico de la leche entera con una materia grasa de unos 36 g/l y unos sólidos no grasos de alrededor de 85 g/l, es aproximadamente 1.030 g/l y es el resultado ponderado de las aportaciones de las distintas sustancias en solución, en dispersión coloidal y en emulsión⁵.

3.3.3 Punto de congelación. La leche natural tiene un punto de congelación de alrededor de -0,54°C, y su determinación se ha utilizado y se utiliza aún para detectar el fraude más común, el “aguado” de la leche⁶.

3.4 COMPONENTES QUÍMICOS DE LA LECHE

La composición química global de la leche se resume en la tabla 1. Las cantidades de los distintos componentes pueden variar considerablemente por distintas razones como: razas de vacas, e incluso entre distintos individuos de la misma raza, tipo de alimento, el estado nutricional del animal, el periodo de lactancia y los efectos del clima⁷.

Tabla 1. Composición química de la leche.

COMPONENTE	VALOR PROMEDIO (g/100ml)
AGUA	87
PROTEINAS	3,2
GRASA	3,7
LACTOSA	4,8
SALES MINERALES	0,9

Fuente: El autor.

⁵ Ibíd., p. 4

⁶ Ibíd., p. 5

⁷ AGUHOB Sylvia. Procesamiento de leche. Lima: ITDG Perú, p. 8

3.4.1 El agua. La leche registra un contenido promedio de agua del 87%. Donde se disuelven los componentes de la leche solubles en agua, entre los que se incluyen vitaminas tales como los complejos B y C. La mayor parte de la leche está conformada por agua, la separación de ésta reduce su volumen de manera significativa, contribuyendo a superar los problemas de transporte y de almacenado. El efecto en la calidad nutricional de la leche depende del método utilizado.⁸

3.4.2 Proteína. Desde el punto de vista nutricional, la leche representa una invaluable fuente de proteínas de alta calidad, están constituidas principalmente por la caseína, además de cantidades menores de otras proteínas como la albúmina y la globulina, que resultan esenciales para prevenir enfermedades en los jóvenes. Estas dos últimas se pierden en el proceso de elaboración del queso, mientras que la caseína se coagula y permanece en los sólidos de la leche⁹.

3.4.3 Grasa. La grasa es un componente muy importante de la leche por sus implicaciones tecnológicas (fabricación de natas y mantequillas) nutricionales. La leche y la nata son ejemplos de emulsiones de grasa en agua. La leche posee 30-40 g/l de materia grasa, por lo que constituye el segundo componente mayoritario, tras la lactosa. Comúnmente, a los lípidos de la leche se los denomina “grasa” de la leche, ya que se comportan como un sólido a temperatura ambiente.

La materia grasa se encuentra en la leche en forma de pequeños glóbulos esféricos emulsionados en el suero de la leche. El tamaño de estos glóbulos varía entre 2 y 10 μm de diámetro dependiendo de factores como la especie, la raza y el período de lactación.¹⁰

⁸ *Ibíd.*, p. 5

⁹ *Ibíd.*, p. 6

¹⁰ *Ibíd.*, p. 5

En el centro del glóbulo se sitúan el colesterol, las vitaminas liposolubles, los triglicéridos insaturados y los de bajo peso molecular (que son líquidas a temperatura ambiente). Rodeando a éstos se sitúan los triglicéridos sólidos, fosfolípidos y proteínas, de forma que retienen a los triglicéridos líquidos.

3.4.4 Lactosa. La lactosa es la principal azúcar presente en la leche, dándole su sabor dulce característico. Algunas personas no toleran la lactosa, principalmente aquellas donde los productos lácteos no se incluyen en su dieta tradicional. La lactosa resulta igualmente importante en la producción de yogurt y queso. Al fermentarse se deriva en ácido láctico y la leche se coloca agria (incremento de acidez), produciendo la coagulación de la caseína.¹¹

3.4.5 Los Minerales. La leche contiene minerales importantes como el calcio y el fósforo, que son esenciales para el crecimiento, en especial para el cambio de dientes y el fortalecimiento de los huesos.¹²

3.5 MICROBIOLOGÍA DE LA LECHE

La leche es un alimento muy susceptible a la descomposición ya que resulta apta para el desarrollo de microorganismos, por lo que es importante tener un conocimiento básico de la microbiología de la leche cuando se planea introducir alguna mejora en su procesamiento por su alto contenido de humedad, abundante suministro de nutrientes combinados con un grado de acidez neutral (pH de 6,7) y su temperatura, la leche cruda es un medio propicio para la proliferación de microorganismos, incluyendo los que causan intoxicación alimentaria y los que producen cambio enzimáticos, como aquellos que provocan la acidez de la leche.¹³

¹¹ *Ibíd.*, p. 5

¹² *Ibíd.*, p. 6

¹³ *Ibíd.*, p. 6

4. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LECHE

4.1 ORDEÑO

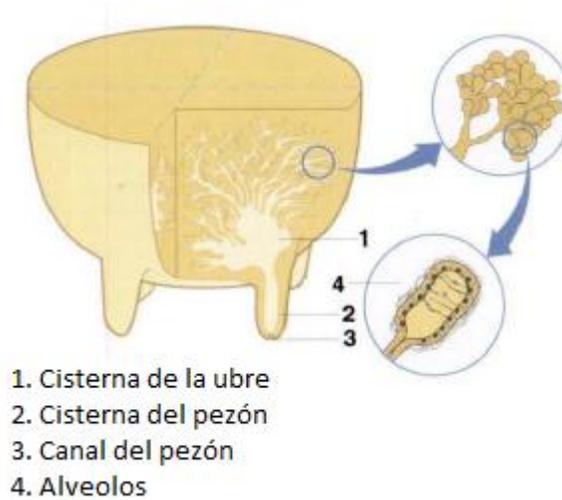
El ordeño de la vaca se realiza de dos formas:

4.1.1 Ordeño Manual. En muchas granjas de todo el mundo aún se realiza el ordeño manual, como se hacía hace miles de años. Las vacas son normalmente ordeñadas por la misma persona todos los días y son rápidamente estimuladas para permitir la evacuación (o bajada de la leche) sólo con oír los sonidos familiares de la preparación para el ordeño.

El ordeño comienza cuando la vaca responde con el reflejo de evacuación, la primera leche de los pezones es rechazada ya que a menudo contiene gran número de bacterias. Mediante un chequeo visual y cuidadoso de esta primera leche es posible apreciar cualquier cambio que pueda indicar que la vaca está enferma. Los dos cuartos opuestos diagonalmente se ordeñan a la vez. Una mano extrae por presión la leche fuera de la cisterna de un pezón, después de lo cual la presión es disminuida para permitir que entre más leche dentro del pezón desde la cisterna de la ubre (figura 1).¹⁴

¹⁴ GOSTA Bylund, Manual de industrias lácteas. Mundi-Prensa Libros, 2003, p. 4.

Figura 1. Ubre de la vaca seccionada



Fuente: GALLARDO TEPETITLAN, Vilma Isabel. Composición química de la leche [en línea]. Octubre de 2012. [Citado 16 feb. 2013]. Disponible en Internet: <URL:<http://composicionquimicadelaleche2.blogspot.com/>>

Al mismo tiempo la leche es presionada hacia fuera del otro pezón, de modo que los dos pezones son ordeñados alternativamente, cuando los dos cuartos han sido vaciados la persona procede a ordeñar los otros dos hasta que la ubre entera es vaciada.

La leche es recogida en cubos que se vierten en cántaras de 30-50 litros, pasando antes por un tamiz para eliminar las impurezas como se muestra en la figura 2.

Figura 2. Leche filtrada a través del tamiz y depositada en cantinas



Fuente: GALLARDO TEPETITLAN, Vilma Isabel. Composición química de la leche [en línea]. Octubre de 2012. [Citado 16 feb. 2013]. Disponible en Internet: <URL:<http://composicionquimicadelaleche2.blogspot.com/>>

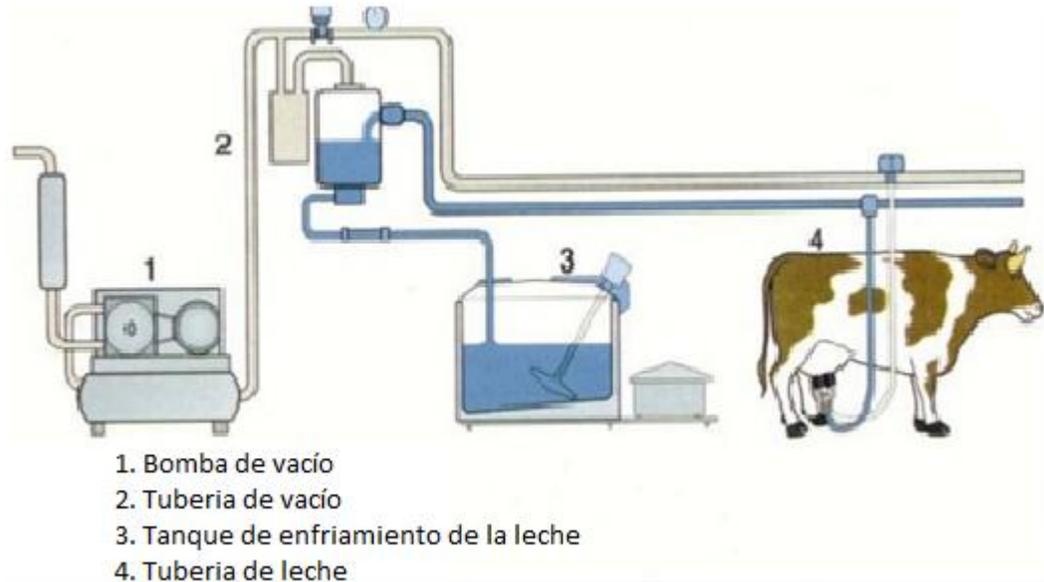
De inmediato las cantinas se enfrían y se almacenan a baja temperatura a la espera de su transporte. ¹⁵

4.1.2 Ordeño Mecánico. En las granjas de tamaño mediano o grande con rebaños numerosos la práctica habitual es el ordeño mecánico de las vacas, con un equipo similar al que se muestra en la figura 3. Las máquinas ordeñadoras extraen la leche de la ubre por vacío. El equipo de ordeño consiste en una bomba de vacío, un depósito sometido a vacío que sirve también para recoger la leche, las pezoneras conectadas por mangueras al depósito a vacío y un pulsador que alternativamente aplica vacío y presión atmosférica a las pezoneras. Cada pezonera está compuesta de un tubo de acero inoxidable que contiene un tubo interior de goma, llamado manguito de ordeño. El interior del manguito entra en contacto con el pezón que está sometido a un vacío constante de unos 0.5 bar durante el ordeño.

¹⁵ *Ibíd.*, p. 4

La presión en la cámara de pulsación (entre el manguito y la pezonera) es regularmente alternada por el pulsador, entre 0.5 bar* durante la fase de succión y la presión atmosférica durante la fase de masaje. De esta manera se consigue que la leche sea extraída de la cisterna del pezón durante la citada fase de succión. Durante la fase de masaje el manguito de la pezonera permanece cerrado para detener la extracción de leche, permitiendo que descienda hacia la cisterna del pezón desde la cisterna de la ubre. Luego viene otra fase de succión y así sucesivamente.

Figura 3. Proceso de ordeño mecánico



Fuente: GALLARDO TEPETITLAN, Vilma Isabel. Composición química de la leche [en línea]. Octubre de 2012. [Citado 16 feb. 2013]. Disponible en Internet: <URL: <http://composicionquimicadelaleche2.blogspot.com/>>

La relajación de la teta durante la fase de masaje es necesaria para evitar la acumulación de sangre y fluido en la misma, lo que sería penoso para la vaca y

* Se denomina bar a una unidad de presión equivalente a un millón de barias. Su símbolo es "bar". La palabra bar tiene su origen en baros, que en griego significa peso. 1 bar = 1.000.000 barias = 106 barias, 1 bar = 100.000 pascales = 105 pascales.

provocaría la detención de la evacuación (o bajada de la leche). El pulsador alterna las fases de succión y masaje 40 a 60 veces por minuto las cuatro pezoneras que están unidas a un colector y se colocan en los pezones de la vaca por succión. Durante el ordeño la succión se aplica alternativamente a un par de pezones opuestos diagonalmente y después al otro par. La leche es conducida desde dichos pezones al depósito a vacío o hacia una tubería de transporte. Una válvula automática de cierre evita que entre suciedad en el sistema si una pezonera se suelta durante el ordeño. Una vez que la vaca ha sido ordeñada, el depósito a vacío se lleva a una sala donde la leche es vaciada en una cántara o en un depósito especial para su enfriamiento.¹⁶

4.2 CENTRO DE ACOPIO

El centro de acopio de leche es un establecimiento destinado a la recolección de la leche procedente de los hatos, con el fin de someterla a proceso de enfriamiento y posterior transporte a las plantas para el procesamiento de leche.

Debe cumplir con los requisitos según el decreto 616 de 2006 del régimen legal de Bogotá.

Artículo 11. Control en las plantas para enfriamiento. Las plantas para enfriamiento o centro de acopio practicarán a la leche cruda para verificar la aptitud para el procesamiento las siguientes pruebas:

- ✓ Registro de temperatura.
- ✓ Control de densidad.
- ✓ Prueba de alcohol a toda recepción de leche por proveedor.

¹⁶ GOSTA, Bylund, Op. Cit., p. 5

- ✓ Control de adulterantes, neutralizantes y conservantes de la leche cruda por muestreo aleatorio.
- ✓ Lactómetros o crioscopia.
- ✓ Recuento microbiano.
- ✓ Prueba de detección de antibióticos.

Artículo 12. Plantas de enfriamiento o centros de acopio de leche. Las plantas de enfriamiento o centro de acopio deben cumplir con las condiciones establecidas en el Decreto 3075 de 1997 o las disposiciones que la modifiquen, adicionen o sustituyan. Inmediatamente después de llegar a la sala de recepción, la leche debe refrigerarse a una temperatura de 4°C +/- 2°C y transportarse a las plantas de procesamiento antes de 48 horas.

Parágrafo 1°. Las plantas de enfriamiento o centros de acopio y las plantas para el procesamiento deben contar con un laboratorio habilitado para el análisis físico-químico y microbiológico de la leche.

Parágrafo 2°. Las plantas de enfriamiento, las plantas para procesamiento y sus laboratorios, deben contar con un sistema de garantía de la calidad documentado para sus proveedores de leche, con el propósito de garantizar el cumplimiento de los requisitos establecidos en el presente reglamento; estos programas serán auditados por las entidades oficiales de vigilancia y control de acuerdo con su competencia, para lo cual se establecerá un plazo de un año, contado a partir de la expedición del presente decreto.

Artículo 13. Destino de la leche. La leche enfriada en plantas de enfriamiento o centrales de acopio solo podrá destinarse a las plantas de procesamiento de leche o procesos posteriores que aseguren la inocuidad de sus productos.¹⁷

¹⁷ COLOMBIA. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. Decreto 616 (Febrero 28), por el cual se expide el Reglamento Técnico sobre los requisitos que debe cumplir la leche para el consumo humano que

4.3 TRANSPORTE DE LECHE CRUDA

Según el organismo internacional de sanidad agropecuaria debe cumplir con los siguientes requisitos:

Artículo 27. El transporte de la leche cruda proveniente de Los hatos con destino a los Centros de Acopio o Plantas Procesadoras podrá hacerse en tarros o yogos metálicos de aluminio o acero inoxidable y plásticos de calidad alimentaria y con tapa de ajuste hermético o en camiones con cisternas isotérmicas de acero inoxidable aprobado por la autoridad competente, construido de manera tal que asegure su fácil limpieza y desinfección.

Artículo 28. El transporte de la leche cruda desde el Centro de Acopio hacia la Planta Procesadora se hará en lo posible, en camión cisterna isotérmica y deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- ✓ La superficie del estanque que entra en contacto con la leche será de acero inoxidable y que sea convexo en sus puntos de encuentro interior con el fin de facilitar su limpieza y desinfección.
- ✓ El aislamiento asegurará que la leche transportada no suba más de 6° C durante el transporte hasta la planta procesadora.
- ✓ Las aberturas de accesos a la cisterna y compartimento serán lo suficientemente grande como para que pueda realizarse fácilmente las operaciones de limpieza, desinfección e inspección.
- ✓ Las llaves de salida y entrada y sus conexiones a tanques de recibo serán de acero inoxidable, fáciles de desarmar, limpiar y desinfectar.

se obtenga, procese, envase, transporte, comercialice, expendia, importe o exporte en el país. En: Diario Oficial. Bogotá, D.C., No. 46196, 2006.

- ✓ La cisterna deberá rotularse con la leyenda "Transporte de Leche" en un tamaño mínimo de la letra que permita su lectura distancia de 50 m además la inscripción incluirá la Licencia Sanitaria del vehículo transportador.
- ✓ La cisterna deberá higienizarse antes y después de producirse la descarga de la leche transportada y desinfectarse antes de la salida a la recolección de la leche.¹⁸

4.3.1 Recibo de leche cruda. Según el organismo internacional de sanidad agropecuaria debe cumplir con los siguientes requisitos:

Artículo 21. La leche se debe almacenar en tanques contruidos con acero inoxidable y bajo las normas sanitarias correspondientes para uso alimentario, con un sistema de agitación que asegure la mezcla completa de la leche. El equipo debe garantizar un enfriamiento de la leche a una temperatura entre 0°C a 4° C alcanzando esta temperatura en un tiempo menor a las 2 horas desde la extracción para evitar el deterioro de la calidad original de la leche.

Son requisitos para el equipamiento del Centro de Acopio los siguientes:

- ✓ Contar con un sistema higiénico que permita medir el volumen o peso de leche recibida, con exactitud.
- ✓ Los Centros de Acopio Lechero con volúmenes de recepción superiores a los 15,000 litros diarios, deberán contar con una máquina lavadora mecánica o manual para el lavado de los tanques de leche.
- ✓ Los Centros de Acopio Lechero con volúmenes de recepción superiores a los 15,000 litros diarios, podrán enfriar la leche en tanques de enfriamiento individuales,

¹⁸ HONDURAS. ORGANISMO INTERNACIONAL DE SANIEDAD AGROPECUARIA. Acuerdo Número 656-01-06.

siempre y cuando éstos cumplan con el requisito de alcanzar la temperatura mínima de 4° C dentro de las dos horas de haberse recibido la leche.

✓ En caso de que el Centro de Acopio Lechero usare enfriadores de placa o tubulares, se dispondrá de tanques o silos de acero inoxidable con agitación mecánica y debidamente aislados (termos) para asegurar mantener la temperatura de 4° C hasta que la leche sea retirada del Centro.

✓ En el caso de Centros de Acopio Lechero con volúmenes de recepción superiores a los 15,000 litros diarios, se recomienda la instalación de una caldera u otro equipamiento para el suministro de vapor o agua caliente para las operaciones de lavado de equipos, tarros o yogos y utensilios. Todo Centro de Acopio Lechero, deberá asegurar que exista un sistema que permita lavar, por lo menos los tanques de enfriamiento de leche con agua caliente.

✓ Contar con suficiente agua potable para todas las operaciones del mismo. En el caso de instalar un tanque para almacenamiento de agua potable se recomienda que éste tenga la mayor capacidad posible para asegurar una limpieza completa de todas las instalaciones y equipos.¹⁹

4.4 LECHE CRUDA

Según la Norma Técnica Colombiana NTC 506 se define como leche cruda que no ha sido sometida a ningún tipo de calentamiento, es decir su temperatura no ha superado la de la leche, inmediatamente después de ser extraída de la ubre, (no más de 40 °C).²⁰

¹⁹ Ibíd.

²⁰ INSTITUTO COLOMBIA DE NORMAS TÉCNICAS. Norma Técnica NTC 506. Bogotá, D.C., 2002, 6 p.

4.5 LECHE TERMIZADA

Según la Norma Técnica Colombiana NTC 506 se define como el producto que no se comercializa para consumo humano directo, obtenido al someter la leche cruda a un tratamiento térmico con el objeto de reducir el número de organismos presentes en la leche y permitir un almacenamiento más prolongado antes de someterla a elaboración ulterior. Las condiciones del tratamiento térmico son de 62 °C a 65 °C durante 15 s a 20 s. La leche termizada debe resultar positiva a la prueba de fosfatasa alcalina.²¹

4.6 LECHE PASTEURIZADA

Según la Norma Técnica Colombiana NTC 506 se define como el producto obtenido al someter la leche cruda o la leche termizada a una adecuada relación de temperatura y tiempo para destruir su flora patógena y la casi totalidad de su flora banal, sin alterar de manera esencial ni su valor nutritivo ni sus características físico-químicas u organolépticas. Las condiciones mínimas de pasteurización son aquellas que tienen efectos bactericidas equivalentes al calentamiento de cada partícula a 72 °C por 15 s (pasteurización de flujo continuo) o a 63 °C por 30 min (pasteurización discontinua).²²

4.7 LECHE ULTRA ALTA TEMPERATURA (UAT) leche larga vida:

Es el producto obtenido mediante proceso térmico en flujo continuo, aplicado a la leche cruda o termizada a una temperatura entre 135°C a 150°C y tiempos entre 2 y 4 segundos, de tal forma que se compruebe la destrucción eficaz de las esporas bacterianas resistentes al calor, seguido inmediatamente de enfriamiento a temperatura ambiente y envasado aséptico en recipientes estériles con barreras a

²¹ *Ibíd.*, p. 2

²² *Ibíd.*, p. 3

la luz y al oxígeno, cerrados herméticamente para su posterior almacenamiento, con el fin de que se asegure la esterilidad comercial sin alterar de manera esencial ni su valor nutritivo ni sus características fisicoquímicas y organolépticas, la cual puede ser comercializada a temperatura ambiente.²³

4.7.1. Fases generales de operación en equipos UHT.

Actualmente en los equipos de procesos de UHT realizan cuatro operaciones: esterilización, producción, CIA (Aseptic Intermediate Cleaning) y CIP (Cleaning in Place). Todo esto se implementa para disminuir la contaminación con un producto no estéril al equipo. Todos estos modos de operación son implementados como secuencias en un PLC que contiene todo el equipamiento necesario para control, el operario del equipo controla las cuatro fases desde una pantalla HMI la cual realiza monitoreo y registro de variables de proceso.

4.7.1.1 Esterilización. Antes de poner en marcha el proceso de producción del equipo se debe esterilizar con el fin de evitar la infección del producto tratado. La esterilización implica inyección con agua caliente o vapor en algunos equipos, a la misma temperatura que se tratará el producto. El tiempo mínimo de esterilización con agua caliente o vapor es de 30 minutos desde el momento en que se ha alcanzado la temperatura necesaria en toda la parte aséptica del equipo.

4.7.1.2 Producción. En la fase de producción el equipo entra en contacto con el producto realizando su función específica.

4.7.1.3 Limpieza aséptica intermedia. La limpieza intermedia aséptica (CIA) de los equipos UHT se recomienda en casos donde los equipos tienen un rendimiento de trabajo mayor a 10 horas. Una limpieza CIA tiene un tiempo de duración de 1 hora,

²³ COLOMBIA. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. Decreto 616 (febrero 28), por el cual se expide el Reglamento Técnico sobre los requisitos que debe cumplir la leche para el consumo humano que se obtenga, procese, envase, transporte, comercialice, expendi, importe o exporte en el país. En: Diario Oficial. Bogotá, D.C., No. 46196, 2006.

esto es necesario para eliminar suciedad en la línea de producto sin perder las condiciones asépticas, el equipo no se tiene que esterilizar nuevamente, lo que permite ciclos de producción más largos y un ahorro en gastos operativos.

4.7.1.4 Limpieza en sitio. La limpieza en sitio (CIP) de los equipos UHT puede comprender secuencias de enjuague con agua a temperatura ambiente, limpieza con soda, enjuague con agua caliente, limpieza con ácido, y un enjuagado final, todos estos enjuagues se realizan a determinados tiempos los cuales son controlados automáticamente mediante un PLC y secuencias condicionales de tiempos y temperaturas.

4.7.2 Etapas del Proceso de Ultra alta temperatura (UHT/UAT)

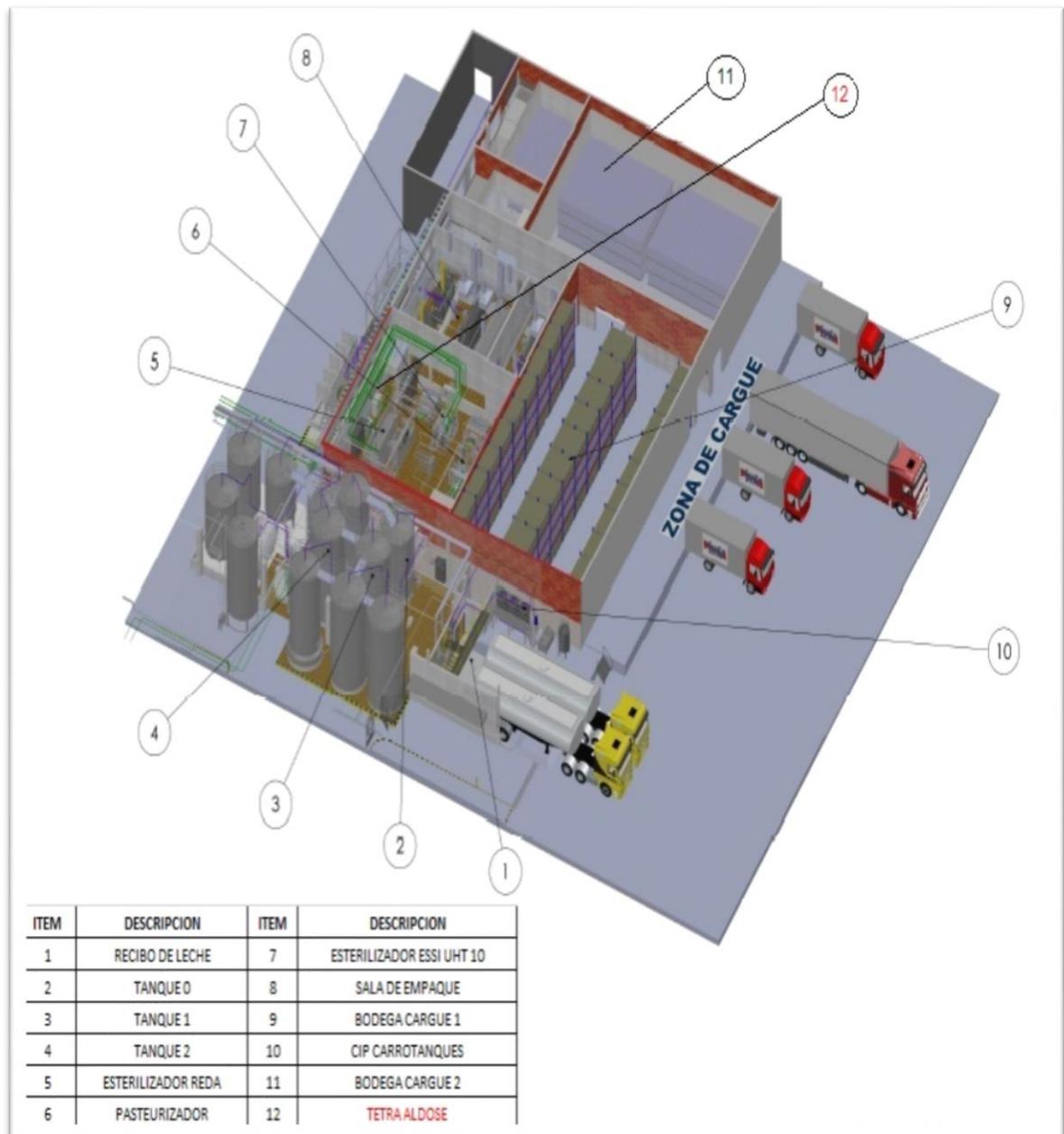
Figura 4. Etapas del Proceso de Ultra alta temperatura (UHT/UAT)



Fuente: Autor.

4.7.3 Diagrama sala ultra alta temperatura (UHT/UAT) planta Freskaleche Bucaramanga.

Figura 5. Vista general sala UHT planta Freskaleche Bucaramanga



Fuente: El autor

5. EQUIPOS DEL PROCESO DE ULTRA ALTA TEMPERATURA (UHT/UAT)

5.1. EQUIPO ESTERILIZADOR

Foto 1. Esterilizador Reda 1000 L/h



Fuente: Planta Freskaleche Bucaramanga

En un proceso de ultra pasteurización de leche larga vida de excelente calidad y apta para el consumo humano, es necesario someter la leche a un proceso de esterilizado basado en las normas de estándares de calidad. La principal función de un equipo de esterilización es proporcionarle a la leche una serie de choques térmicos en determinados tiempos, luego se homogeniza para ser enviada a las maquinas envasadoras para su empacado en bolsa o caja. La esterilización garantiza que el producto quede libre en un 99.9% de microorganismos.

Esta tecnología de punta aplica los conceptos modernos de tratamiento térmico, sin dañar su calidad. La leche se esteriliza a una temperatura de 140° C, durante 4 segundos. Este procedimiento permite que el producto tenga un tiempo de vida útil de más de 40 días a temperatura ambiente.

Asimismo, el equipo cuenta con un sistema de desodorizado para eliminar ciertos olores originados durante el tratamiento térmico. El punto principal del equipo es el sistema de aplicación de altas temperaturas para lograr una esterilización comercial adecuada, cuyo manejo en base a complejos cálculos matemáticos y conceptos de tratamiento térmico sin afectar a ningún componente de la leche, es aplicado mediante su sistema de programación, dando como resultado la eliminación en un alto porcentaje de “bacterias termófilas y esporógenas”, de manera que cuando el producto sea envasado en equipos, garantizando la integridad nutricional de la leche.

El equipo usado por la empresa FRESKALECHE S.A de Bucaramanga es el esterilizador REDA de 10000 L/h el cual cuenta con las siguientes ventajas:

- ✓ Altos coeficientes de intercambio térmico, con recuperaciones térmicas más altas hasta 87%, menor tiempo total de proceso y por consecuencia, mejores productos.
- ✓ Autonomía de trabajo hasta 16-20 horas con la leche
- ✓ Mínima mezcla producto-agua al comienzo y final de producción.
- ✓ El producto pasa solamente al interior de los tubos de intercambio térmico y nunca al exterior.
- ✓ La recuperación térmica se realiza mediante un sistema de recirculación con agua esterilizada que enfría el producto ya esterilizado y transfiere después el calor al producto en entrada que será así calentado.²⁴

²⁴ ADINOX S.A. equipos esterilizadores [en línea]. S.f. [citado 5 oct. 2014]. Disponible en Internet: <URL:http://www.adipack.net/index.php?option=com_content&view=article&id=173:esterilizadores&catid=49>

5.2 MÁQUINA ENVASADORA

Foto 2. Envasadora aséptica ESSI A3.



Fuente: <http://www.essicolombia.com/maquinaria>

La máquina ESSI A3 es la empaedora y fraccionadora ideal para industriales que requieren una alta productividad, gracias a su capacidad de llenado de 3 bocas y sus sistemas integrados que permiten envasar simultáneamente diferentes tamaños de empaque, en un ambiente de asepsia total.

Actualmente la empresa FRESKALECHE S.A cuenta con 2 máquinas ESSI A3 las cuales estas compuestas por:

- ✓ Sistema de Llenado mediante 3 bocas con capacidad nominal de 40 bolsas de 1000 ml cada una en un minuto.
- ✓ Empaque en bolsa, la cual se forma a través de un rollo de película termosellable, Película de polietileno coextruído de 320mm (Ancho).
- ✓ Fechador integrado al sistema del PLC

✓ Tablero principal de control y potencia incorporado en la máquina.

Potencia: 3 x 220V + tierra.

✓ Aire Comprimido

Consumo: 40 CFM, Presión: 100-110 Psi

✓ Filtro HEPA de 99.9%

✓ Esterilización por automatización de peróxido de hidrógeno, capacidad del tanque 150 litros a 180 litros.

✓ Vapor, consumo 33 Kg/hr

✓ Presión de vapor 100-120 PSI.²⁵

5.3 EQUIPO TETRA ALDOSE

Foto 3. Equipo Tetra Aldose



Fuente: <http://www.tetrapak.com/products-and-services/processing-equipment/dairy-equipment/dosing/tetra-aldose>

²⁵ ESSI. Diseño y fabricación de Máquinas Envasadoras Asépticas [en línea]. S.f. [citado 5 oct. 2014]. Disponible en internet: <URL:<http://www.essicolombia.com/maquinaria>>

La empresa FRESKALECHE S.A desea implementar el equipo Tetra Aldose de la empresa TETRA PAK, el cual es una unidad para dosificación aséptica de soluciones o suspensiones en este caso lactasa con productos asépticos que contengan partículas de tamaño menor a 0.2 micras.

Actualmente la leche deslactosada es obtenida de forma manual, en donde el operario agrega cierta cantidad de enzima (lactasa) la cual genera una reacción química en la leche dando como resultado leche deslactosada, esta se agrega a la leche almacenada en un tanque de conservación por un tiempo aproximado de 24 horas, proceso que puede generar grandes pérdidas para la empresa dado que el producto ya pasteurizado se expone a una acidificación de la leche la cual no es apta para el consumo humano.

Por lo tanto se hace necesario automatizar este proceso, de tal forma que la dosificación de la enzima lactasa se debe realizar en línea de una manera aséptica, después del proceso de esterilización de la leche y antes de su envasado.

6. METODOLOGÍA DEL DESARROLLO

El proceso llevado a cabo para la implementación de la automatización del sistema de dosificación de lactasa en el proceso de leche UHT/UAT (Larga Vida) en la planta de producción FRESKALECHE S.A, se ha llevado de la siguiente manera.

6.1 CAPACITACIÓN FORMAL

Se realizaron varias visitas a la planta de FRESKALECHE S.A., con el fin de conocer la línea de producción de leche UHT (Larga Vida) y realizar el levantamiento de información del equipo Tetra Aldose, para su posterior implementación en la línea de equipos de proceso y llenado UHT (Larga Vida), Se realiza capacitación formal de la planta por parte del ingeniero de mantenimiento con el cual se pueden observar las diferentes etapas del proceso de empaque de leche.

6.2 RECONOCIMIENTO DEL EQUIPO TETRA ALDOSE

El equipo tetra Aldose mostrado en la foto 4. Fue ubicado e instalado en la empresa Freskaleche S.A, en donde se realizó un acompañamiento al ingeniero de la empresa Tetra Pak para su puesta en marcha, el equipo cuenta con un sistema eléctrico conformado por los siguientes dispositivos electrónicos:

Foto 4. Equipo Tetra Aldose ubicado en planta Freskaleche S.A



Fuente: el autor

6.2.1 Dispositivo de corriente residual

Foto 5. Dispositivo de corriente residual SIEMENS



Fuente: manual técnico equipo tetra aldose.

Este dispositivo de corriente residual es un interruptor de circuito que funciona para desconectar sus circuitos siempre que detecte que la corriente que sale del circuito excede los límites de seguridad. Este dispositivo puede probarse para ver si es operacional y/o ha sido correctamente cableado. Los dispositivos de corriente residual en esta serie están previstos para una corriente nominal de 16 – 80.

La manija del conmutador está en su posición inferior cuando el interruptor del circuito está libre y en su posición superior cuando el interruptor de circuito no está liberado.

6.2.2 Dispositivo guarda motor

Foto 6. Dispositivo guarda motor



Fuente: manual técnico equipo tetra aldose.

Estos protectores de motor son compactos, interruptores de circuito que limitan la corriente que están optimizados para alimentadores de carga. Los interruptores de circuito se utilizan para conmutar y proteger los motores de inducción trifásicos de hasta 45 kW a CA 400 V y para otras cargas con corrientes nominales de hasta 100 A. Los interruptores de circuito son activados por un mecanismo de funcionamiento rotatorio. Si el interruptor de circuito se dispara, el mecanismo cambia a la posición de disparo para indicarlo. Antes que se vuelva a cerrar el interruptor de circuito, este

6.2.4 Fuente de alimentación eléctrica

Foto 8. Fuente de alimentación eléctrica



Fuente: manual técnico equipo tetra aldose.

Esta fuente de alimentación eléctrica provee la energía para la alimentación del PLC del equipo proporcionando un voltaje de entrada constante de 24 VDC.

6.2.5 Rack de electroválvulas

Foto 9. Rack de electroválvulas

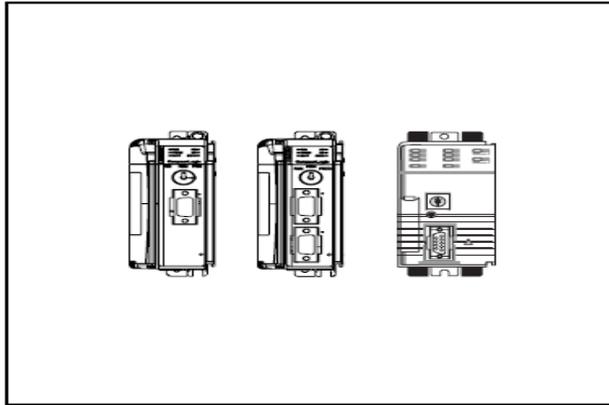


Fuente: manual técnico equipo tetra aldose.

La serie SY es un sistema de pequeñas válvulas controladas por solenoide. Las válvulas, superpuestas en un distribuidor, pueden ejecutar diversas tareas de conmutación neumática.

6.2.6 Controlador CompactLogix (Rockwell automation) 1768

Foto 10. Controlador CompactLogix

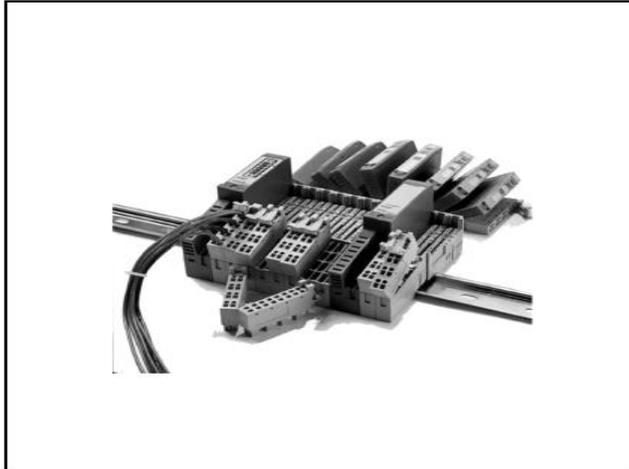


Fuente: Manual técnico equipo tetra aldose.

Los controladores en red CompactLogix integran una conexión Ethernet/IP o Control Net. CompactLogix también es ideal para sistemas que requieren un control independiente.

6.2.7 Módulos E/S del sistema CompactLogix

Foto 11. Módulos E/S del sistema CompactLogix



Fuente: manual técnico equipo tetra aldose.

Estos módulos son los encargados de adquirir y enviar señales digitales o análoga o módulos PT 100.

6.2.8 Panel de operador (Beijer Electronics) TPOP CE E1071 / E1101 / E1151

Foto 12. Panel de operación



Fuente: manual técnico equipo tetra aldose.

Los terminales de operador E1071 / E1101 y E1151 funcionan, la mayoría de las veces, de una forma orientada al objeto, haciéndolo fácil de comprender y utilizar. La operación de configuración en los terminales se realiza en ordenador personal utilizando la herramienta de configuración E-Designer. Entonces el proyecto se transfiere y almacena en el terminal de operador. El terminal de operador puede estar conectado a muchos tiempos de equipos de automatización, como PLCs, servos o mandos.

6.2.9 Transmisor de caudal (Endress&Hauser) Promag 10/50/53/55

Foto 13. Transmisor de caudal

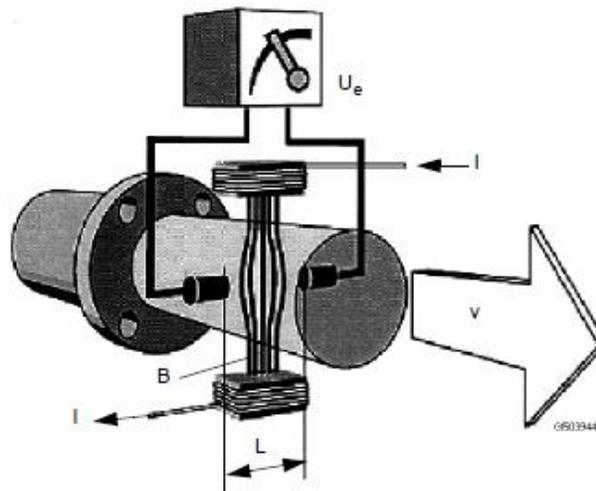


Fuente: manual técnico equipo tetra aldose.

El voltaje es inducido en un conductor moviéndose en un campo magnético. En la medición electromagnética, el medio de flujo corresponde al conductor que se mueve. El voltaje inducido es proporcional a la velocidad de flujo y es detectado por dos electrodos de medición y transmitido al amplificador. El volumen de flujo se calcula sobre la base del diámetro del tubo. El campo magnético constante es generado por una corriente directa conmutada de polaridad alterna. El sistema de medición se compone de un transmisor y un sensor que forman una unidad

mecánica sencilla. Promag tiene un control táctil que se utiliza sin abrir el alojamiento y tiene un display de cuatro líneas.

Foto 14. Transmisor de caudal



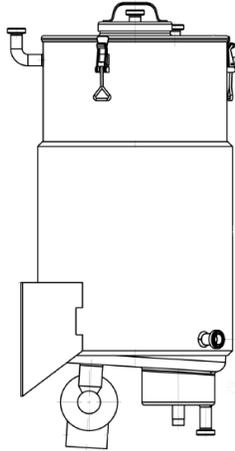
$$U_e = B \times L \times v$$
$$Q = A \times v$$

U_e = Voltaje inducido
 B = inducción magnética (campo magnético)
 L = Espacio de electrodo
 v = Velocidad de flujo
 Q = Volumen de flujo
 A = Sección transversal de tubo
 I = intensidad de la corriente

Fuente: manual técnico equipo tetra aldose.

6.2.10 Depósito de compensación BTD 100 con enfriador y mezclador

Foto 15. Depósito de compensación BTD 100 con enfriador y mezclador



Fuente: manual técnico equipo tetra aldose

El depósito de compensación es un recipiente de acero inoxidable con enfriamiento y mezclador, el cual almacena la enzima que se va adicionar con el producto en línea.

6.3 ADECUACIONES EN SITIO MÁQUINA TETRA ALDOSE

El equipo tetra aldose requiere de diferentes medios de servicio para su correcto funcionamiento como son:

6.3.1 Aire de instrumentos

- Es necesario eliminar el aceite que se introduce de manera inevitable en el aire comprimido procedente de los compresores lubricados con aceite. El aceite es un serio contaminante difícil de retirar de los instrumentos.
- El agua se condensa en el sistema neumático en cantidades variables en función de la humedad del aire de entrada, la temperatura antes y después del compresor, o tras una caída de la temperatura en una sección de la línea de aire trazada a

través de una zona fría. Con el fin de evitar la condensación es necesario secar el aire en una medida determinada por la temperatura más baja después del secador. El aire se expande y se enfría en los orificios y en las boquillas del interior de los instrumentos, lo que se convierte en condensación. Por esta razón, el punto de rocío del aire en la entrada del instrumento debe ser inferior en al menos 10°C a la temperatura ambiente más baja alrededor del equipo.

- Es necesario retirar el polvo en forma de partículas sólidas mayores de 10 micras (0,01 mm), por ejemplo mediante filtros o válvulas reductoras equipadas con filtro. Los filtros deben colocarse de modo que puedan verse y comprobarse fácilmente. Deben comprobarse diariamente y renovarse los cartuchos o insertos siempre que sea necesario.
- La línea de suministro de aire debe incluir una válvula de cierre maestra.
- Antes de conectar el suministro de aire a la línea de proceso, las tuberías de aire se deben soplar para eliminar todos los residuos de cualquier instalación²⁶.

6.3.2 Vapor

Requisitos Generales. El vapor debe ser de buena calidad y estar libre de condensado y de aire.

Línea de suministro:

- La línea de suministro de vapor debe estar provista de un controlador de presión a fin de mantener una presión de alimentación constante.
- Los separadores de condensado deben instalarse cerca de la línea de proceso a fin de producir vapor seco.
- En la línea de suministro de vapor debe instalarse una válvula de cierre maestra.

²⁶ Manual técnico equipo tetra aldose.

- Antes de conectar el suministro de vapor a la línea de proceso, las tuberías de vapor deben ser sopladas para destupirlas con chorros repetidos de vapor que duren de 5 a 10 minutos²⁷.

6.3.3 Agua

Requisitos Generales

- La tubería de suministro de agua debe ser provista de una válvula de cierre maestra.
- La presión del suministro debe ser constante.
- El agua utilizada en la planta debe ser blanda (mediante acondicionamiento si fuera necesario) y limpia con el fin de evitar la formación de depósitos. Los depósitos debidos a la circulación de agua de calidad inferior podrían causar el malfuncionamiento de piezas vitales.
- Además, si el agua es demasiado dura (alta concentración de carbonato de calcio, CaCO_3), se formarán depósitos en dispositivos como, por ejemplo las válvulas. Este proceso se ve acelerado con altas temperaturas. Los resultados de la limpieza y el consumo de detergente también se verán afectados por la dureza del agua. Mientras más dura sea el agua, más graves son estos efectos. Con el fin de reducir al máximo la corrosión, el agua debe:
 - Tener bajas concentraciones de cloro.
 - Ser ligeramente alcalina. (El valor del pH se determina fácilmente mediante un medidor de pH - pH metro)²⁸.

6.4 PUESTA EN MARCHA MÁQUINA TETRA ALDOSE

Se realizaron pruebas de funcionamiento en conjunto con el ingeniero encargado del arranque de la maquina tetra aldose en donde el equipo comienza llenando el

²⁷ Ibíd.

²⁸ Ibíd.

depósito de compensación BTD con la enzima (lactasa), se bombea mediante una bomba de desplazamiento positivo con control de velocidad para lograr una dosificación correcta a través de un pre filtro de 1μ para eliminar las partículas grandes, después a través de un filtro estéril de $0,2\mu$ para eliminar las bacterias y esporas y después se dosifica continuamente en condiciones asépticas hacia el flujo principal. Un transmisor de flujo controla la cantidad a dosificar y un grupo de válvulas asépticas controla el inicio y la parada de la dosificación. El ingrediente se mezcla con el flujo principal mediante un mezclador en línea Tetra Aline. El equipo Tetra Aldose está conectado después del esterilizador y antes de las máquinas de envasado en la planta UHT.

El filtro y todas las tuberías hasta la válvula dosificadora se pre esterilizan antes de la producción mediante vapor a 121°C durante 30 minutos. Después de la esterilización la unidad se enfría con aire. Después de la producción se efectúa una CIP. El Tetra Aldose está equipado con un sistema de CIP automático. Una secuencia de CIP normalmente contiene limpieza cáustica y ácido. El sistema del PLC controla la secuencia para el pre esterilización, la producción, el CIP y la prueba de integridad del filtro. Tetra Aldose está preparada para conectarse como una unidad esclava, lo que permite su integración.

6.5 CONEXIONES DE EQUIPO TETRA ALDOSE CON EL RESTO DEL PROCESO

Se realizaron las respectivas conexiones con el equipo esterilizador REDA 15000 L/h para tener sincronismo entre los equipos y así garantizar un equipo 100% automático, es decir que pueda interactuar con el resto del proceso sin depender de un operario, el equipo tetra aldose debe enviar y recibir señales digitales para establecer una comunicación en línea con el equipo esterilizador ya que el trabajo de estos equipos es en conjunto.

6.5.1 Asignación de señales digitales desde Tetra Aldose hacia esterilizador REDA. Se revisan los planos eléctricos del equipo Tetra Aldose donde se encuentran asignadas las salidas digitales que deben ser conectadas hacia el equipo esterilizador REDA, también se realiza la disponibilidad de entradas en los módulos que se van a utilizar para configurar el controlador del equipo REDA, el siguiente paso es asignar cada señal a un punto de conexión de la base del PLC. Las salidas asignadas, las entradas disponibles y la descripción de cada señal se pueden observar en la tabla.

Tabla 2. Descripción de señales de salida desde Tetra Aldose hacia entradas del Esterilizador REDA

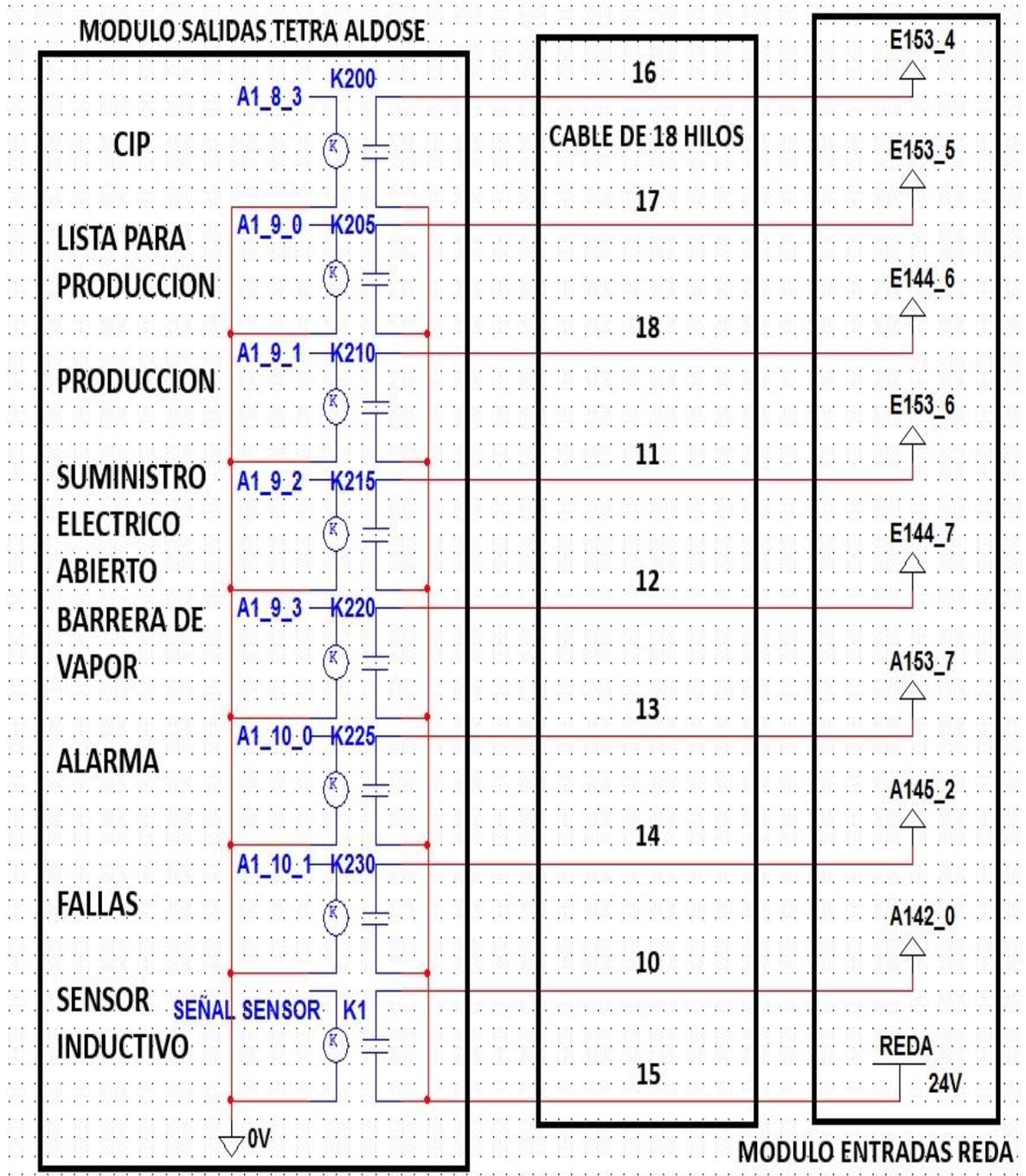
ITEM	NOMBRE	TIPO DE SEÑAL	MÓDULO SALIDA TETRA ALDOSE	SALIDA ASIGNADA	MÓDULO ENTRADAS REDA	ENTRADA DISPONIBLE	DESCRIPCIÓN
1	CIP	DIGITAL	A1_8	3	E153	4	Indica que el equipo Tetra Aldose se encuentra en lavado
2	LISTA PARA PRODUCCION	DIGITAL	A1_9	0	E153	5	Indica que el equipo Tetra Aldose realizo los pasos anteriores a producción y se encuentra listo.
3	PRODUCCION	DIGITAL	A1_9	1	E144	6	Indica que el equipo Tetra Aldose se encuentra en producción
4	SUMINISTRO ELECTRICO ABIERTO	DIGITAL	A1_9	2	E153	6	Indica que el equipo Tetra Aldose se encuentra en suministro eléctrico abierto
5	BARRERA DE VAPOR	DIGITAL	A1_9	3	E144	7	Indica que el equipo Tetra Aldose se encuentra en barrera de vapor

ITEM	NOMBRE	TIPO DE SEÑAL	MÓDULO SALIDA TETRA ALDOSE	SALIDA ASIGNADA	MÓDULO ENTRADAS REDA	ENTRADA DISPONIBLE	DESCRIPCIÓN
6	ALARMA	DIGITAL	A1_10	0	A153	7	Indica que el equipo Tetra Aldose se encuentra en alarma
7	FALLAS	DIGITAL	A1_10	1	A145	2	Indica que el equipo Tetra Aldose se encuentra en fallas
8	SENSOR INDUCTIVO	DIGITAL	-	-	A142	0	Indica que el equipo Tetra Aldose está en línea.

Fuente: Autor

Se realiza el plano de conexiones donde se muestra las señales conectadas a la bobinas de los relés instalados para el acondicionamiento de la señales de entrada al PLC del equipo REDA.

Figura 6. Diagrama de conexiones modulo salidas Tetra Aldose y módulo de entradas equipo REDA



Fuente: Autor

6.5.2 Asignación de señales digitales desde esterilizador REDA hacia Tetra Aldose. Se revisa con el ingeniero de Tetra pak las señales que necesita el equipo Tetra aldose para establecer una comunicación con el esterilizador REDA, se realiza inspección en los planos eléctricos del equipo Tetra Aldose donde se encuentran asignadas las entradas digitales en donde se deben conectar las salidas del equipo esterilizador REDA, también se realiza la respectiva programación en el controlador del equipo por parte del proveedor, para la creación de estas nuevas señales, el siguiente paso es asignar cada señal a un punto de conexión de la base del PLC. Las salidas asignadas, las entradas disponibles y la descripción de cada señal se pueden observar en la tabla.

Tabla 3. Descripción de señales de salida desde equipo REDA hacia entradas del Tetra aldose.

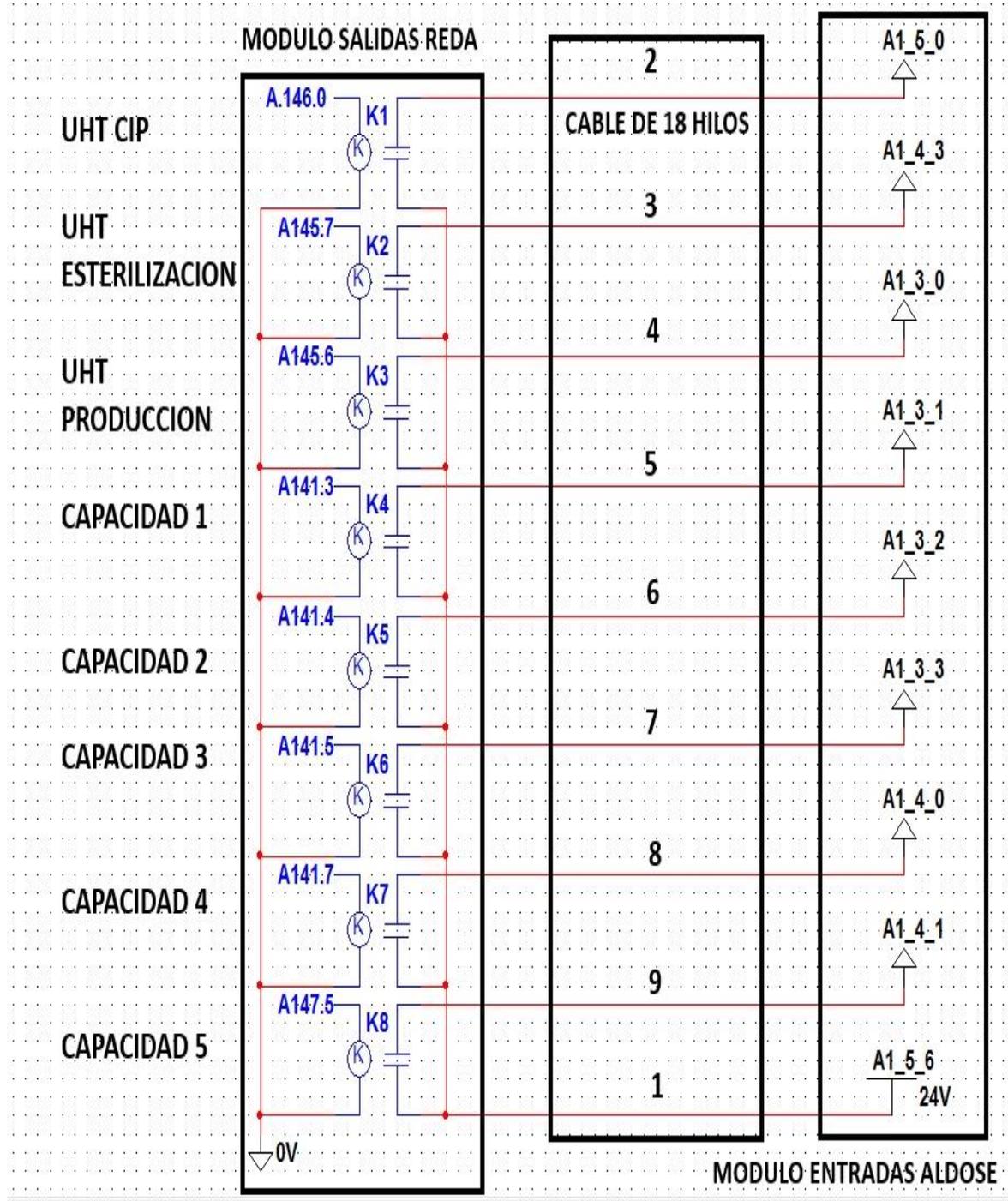
ÍTEM	NOMBRE	TIPO DE SEÑAL	MÓDULO SALIDAS REDA	SALIDA ASIGNADA	MÓDULO ENTRADA TETRA ALDOSE	ENTRADA DISPONIBLE	DESCRIPCIÓN
1	UHT CIP	DIGITAL	A146	0	A1_5	0	Indica que el esterilizador REDA se encuentra en lavado
2	UHT ESTERILIZACIÓN	DIGITAL	A145	7	A1_4	3	Indica que el esterilizador REDA se encuentra en esterilización
3	UHT PRODUCCIÓN	DIGITAL	A145	6	A1_3	0	Indica que el esterilizador REDA se encuentra en producción
4	CAPACIDAD 1	DIGITAL	A141	3	A1_3	1	Indica que el esterilizador REDA trabaja con una caudal de 7500 a 9000 L/h

5	CAPACIDAD 2	DIGITAL	A141	4	A1_3	2	Indica que el esterilizador REDA trabaja con una caudal de 9001 a 10500 L/h
6	CAPACIDAD 3	DIGITAL	A141	5	A1_3	3	Indica que el esterilizador REDA trabaja con una caudal de 10501 a 12000 L/h
7	CAPACIDAD 4	DIGITAL	A141	7	A1_4	0	Indica que el esterilizador REDA trabaja con una caudal de 12001 a 13500 L/h
8	CAPACIDAD 5	DIGITAL	A147	5	A1_4	1	Indica que el esterilizador REDA trabaja con una caudal de 13501 a 15000 L/h

Fuente: Autor

Se realiza plano de conexiones donde se muestran las señales conectadas a la bobinas de los relés instalados para el acondicionamiento de la señales de entrada al PLC del equipo Tetra Aldose.

Figura 7. Diagrama de conexiones modulo salidas REDA y módulo de entradas Tetra aldose



Fuente: Autor

Se realizan pruebas de confirmación entre los equipos con el ingeniero de TETRA PAK y el equipo de mantenimiento de la planta FRESKALECHE S.A, en donde se realizan pruebas de señales de continuidad y de comunicación mediante el software RS LOGIX 5000 de rockwell automation, luego de hacer las respectivas pruebas y de hacer ajustes se procede a realizar un primer arranque del equipo TETRA ALDOSE en flujo continuo con el sistema, en donde el operario solamente debe revisar que se cumplan los parámetros ajustados en el equipo ya que si estos se cumplen se obtendrá una confiabilidad del 100% en el proceso.

Se implementa tabla de registro en donde el operario debe revisar la secuencia que realiza el equipo y los tiempos de ejecución en cada paso, se deben registrar las variables de procesos como son: temperatura, presión y flujo además del porcentaje de soda y acido arrojado en las pruebas tomadas por el luminómetro para garantizar un correcto lavado (CIP).

Tabla 4. Seguimiento a ciclos de trabajo para equipo dosificador de enzima-tetra aldose

SEGUIMIENTO A CICLOS DE TRABAJO PARA EQUIPO DOSIFICADOR DE ENZIMA - TETRA ALDOSE																
HORA	CICLO DEL EQUIPO	NOMBRE DEL PASO	PASO	TIEMPO (Seg)	TT404(°C)	TT405(°C)	TT499(°C)	LT400(L)	LT400(%)	PT400(Bar)	PT402(Bar)	FT400(L/h)	M400(%)	M410(%)	%SODA	%ACIDO
DESDE:	ESTERILIZACION	AIRE	101	10												
		DRENAJE I	102	30												
		DRENAJE II	103	30												
		CALENTAMIENTO	104	5												
HASTA:		ESTERILIZANDO	105	1800												
		ENFRIAMIENTO 1	106	600												
		ENFRIAMIENTO 2	107	480												
DESDE:	COMPROBACION DE FILTRO	AGUA	201	140												
		ESPERA	202	4												
		AIRE	203	180												
HASTA:		PRESURIZACION	204	60												
		ESPERA	205	30												
		ENFRIAMIENTO	206	180												
DESDE:	PRODUCCION	LLENAR PARA DRENAR	301	180												
		LLENAR BTD	302	60												
		LISTO PARA DOSIFICAR	304													
HASTA:		DOSIFICANDO	305													
		VACIO BTD	306	20												
		ENJUAGUE	307	10												
DESDE:		CIP	ENJUAGUE DE AGUA	402	180											
	CIRCULACION SODA		411	1200												
	ENJUAGUE DE AGUA		413	900												
HASTA:	CIRCULACION ACIDO		422	900												
	ENJUAGUE DE AGUA		424	600												
DATOS LUMINOMETRO	CODO LINEA DE ENVASADO	TANQUE DE BALANCE (BTD)	PRERILTRO (1 um)	FILTRO ESTERIL (0,2 um)	VALVULA 473	VALVULA 475	ELABORADO POR:									
TEORICO	1,7	1,7	2	1,4	1,7	2,1	ALDO S. RUEDA M.									
OBTENIDO																

Fuente: Autor

CONCLUSIONES

Se hace el reconocimiento de un proceso como es el de la producción de leche UHT, en donde se evidencia cada etapa realizada en los diferentes procesos y los equipos que se manejan en el desarrollo de cada etapa.

Se implementa el equipo dosificador de lactasa tetra aldose con el resto del proceso observando una mejoría en la dosificación del proceso de inyección de lactasa, en donde se reducen las pérdidas causadas por la adición manual.

Se realiza una óptima comunicación con el equipo esterilizador el cual es el encargado de enviar la señal de confirmación para arrancar el equipo tetra aldose, dejando el proceso de leche UHT 100% automática, en donde el operario debe verificar que se cumplan los parámetros establecidos para cada máquina.

Se realiza un reconocimiento previo del equipo tetra aldose el cual se compone de tres requerimientos técnicos agua, aire y vapor en donde cada uno debe cumplir con parámetros previos a su instalación para garantizar un excelente funcionamiento del equipo.

Se asistió a la puesta en marcha y arranque del equipo tetra aldose en compañía del ingeniero encargado del proyecto por parte de la empresa tetra pak, realizando los ciclos del equipo esterilización, prueba de filtro, producción y CIP, todo esto se hace en compañía de los operarios para capacitarlos en el buen manejo del equipo.

Este proceso permitió el desarrollo de una tabla para el seguimiento a los ciclos de trabajo del equipo tetra aldose. Se resalta la importancia de dicha tabla dado que al ser nuevo en la línea de producción el área debe implementar una estrategia para el registro de información arrojada cada hora por el equipo.

Se aplican los conceptos de Ingeniería electrónica en un proceso de la industria como es el de la producción de leche, realizando un gran aporte en la economía de la empresa y a la región del país.

GLOSARIO

ORGAROLEPTICO: Sustancia que favorece la excitación de un receptor. En gusto, textura, olor, aspecto visual, consistencia. Principales propiedades del producto-leche, concluyendo un análisis de gran importancia apta para su industrialización el cual conlleva a determinar la calidad del producto.

MICELAS: Transportadores ideales para obtener energía, y realizar todos los procesos metabólicos normales.

LIPIDO: Las propiedades de la leche son el reflejo de los ácidos grasos y contiene varios grupos de lípidos como triacilgliceridos, diacilgliceridos, monocilgliceridos, los cuales son nutrientes que cumplen determinadas funciones orgánicas.

TRIGLICERIDOS INSATURADOS. Tipo de grasa en que tres ácidos grasos están unidos a la molécula de glicerina, solida o liquida.

FOSFOLIPIDOS: Son componentes de la membrana celular y forman parte de los lípidos estructurales

LACTOMETRIA: Instrumento de medida que se emplea en la comprobación de densidad de la leche, la cual varia con el contenido graso y de solidos presentes en la emulsión y puede oscilar entre un peso de 1.028 a 1.034.

CRIOSCOPIA. El punto de congelación de la leche, depende de la cantidad de sólidos, como la lactosa y sales minerales.

ISOTERMICA, Proceso al cambio de temperatura reversible en el sistema termodinámico, siendo dicho cambio de temperatura constante en todo el sistema.

BIBLIOGRAFÍA

AGUHOB Sylvia. Procesamiento de leche. Lima: ITDG Perú, p. 8

ALLEN BRADLEY, Documentación, [En línea]. Disponible en Internet. [Citado 05 Septiembre. 2014]<<http://www.literature.rockwellautomation.com/>>

AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL, [En línea]. Disponible en Internet [Citado 15 Septiembre. 2014] <<http://www.infopl.net/Documentación/documentación.htm>>

BATRINA, Aranceta. Leche, lácteos y salud. Madrid: Editorial Médica Panamericana S.A., 2006, p. 2-3.

COLOMBIA. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. Decreto 616 (Febrero 28), por el cual se expide el Reglamento Técnico sobre los requisitos que debe cumplir la leche para el consumo humano que se obtenga, procese, envase, transporte, comercialice, expendi, importe o exporte en el país. En: Diario Oficial. Bogotá, D.C., No. 46196, 2006.

CREUS SOLE, Antonio. Instrumentation electrónica, séptima edición. Marcombo S.A. 2005.

GALLARDO TEPETITLAN, Vilma Isabel. Composición química de la leche [en línea]. Octubre de 2012. [Citado 16 Julio. 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://composicionquimicadela leche2.blogspot.com/>>

GIL HERNANDEZ, Ángel. Tratado de nutrición, composición y calidad nutritiva de los alimentos, Tomo II. Madrid, 2010, p. 3.

GOSTA Bylund, Manual de industrias lácteas. Mundi-Prensa Libros, 2003, p. 4.

HONDURAS. ORGANISMO INTERNACIONAL DE SANIEDAD AGROPECUARIA.
Acuerdo Número 656-01-06.

INSTITUTO COLOMBIA DE NORMAS TÉCNICAS. Norma Técnica NTC 506.
Bogotá, D.C., 2002, p. 6.

RAUSINGS GATA Rubén. Manual de servicio Tetra aldose, Doc. No. OM-1229132-0501. Edición 2012-04. Suecia, Tetra Pak Dairy & Beverage Systems AB, 2012. 2-1p