



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
PROYECTO DE GRADUACIÓN

AUTOMATIZACIÓN DE TANQUES DE LLENADO DE LECHE  
CON INCORPORACIÓN DE INTERFAZ HMI, LACTHOSA

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
INGENIERO EN MECATRÓNICA

PRESENTADO POR:  
BRAYAN ROBERTO DÍAZ ORELLANA  
21441175

ASESOR:  
ING DARWIN REYES HERNÁNDEZ

CAMPUS SAN PEDRO SULA  
OCTUBRE ,2018

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por haberme guiado y darme sabiduría y entendimiento para culminar este proceso.

A mis padres y hermanas, que siempre me han apoyado en todo lo que he requerido y estuvieron conmigo a lo largo de este camino.

A mi querida Alejandra, que siempre me ha apoyado, que compartió conmigo los mejores y malos momentos de universidad y me motiva a seguir a delante.

A mis compañeros universitarios, que nos apoyamos desde el comienzo hasta el final en todo este proceso.

A mis catedráticos, que fueron un apoyo y guía en la enseñanza y conocimientos.

A mis compañeros de trabajo, que me brindaron su apoyo.

## ÍNDICE

|      |   |    |
|------|---|----|
| I.   | INTRODUCCIÓN.....                               | 1  |
| II.  | PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....                | 2  |
|      | 2.1 ANTECEDENTES .....                          | 2  |
|      | 2.2 DEFINICIÓN DE PROBLEMA .....                | 3  |
|      | 2.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....             | 3  |
|      | 2.4 OBJETIVOS.....                              | 3  |
|      | 2.4.1 Objetivo general.....                     | 3  |
|      | 2.4.2 Objetivos específicos.....                | 4  |
|      | 2.5 JUSTIFICACIÓN .....                         | 4  |
| III. | MARCO TEÓRICO.....                              | 5  |
|      | 3.1 LECHE.....                                  | 5  |
|      | 3.1.1 Mercado .....                             | 5  |
|      | 3.1.2 Fuentes de leche .....                    | 6  |
|      | 3.1.3 Preparación de la leche .....             | 7  |
|      | 3.1.4 Presentación de leche en el mercado ..... | 8  |
|      | 3.2 CONTROLADORES PROGRAMABLES.....             | 9  |
|      | 3.2.1 Controlador lógico programable.....       | 9  |
|      | 3.2.2 Tipos de PLC.....                         | 10 |
|      | 3.2.3 Lenguajes de programación .....           | 11 |
|      | 3.2.4 Interfaz de entradas y salidas .....      | 12 |
|      | 3.2.5 Módulos remotos.....                      | 14 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 3.3   | Principios de medición .....                 | 15 |
| 3.3.1 | Principios de medición por presión.....      | 15 |
| 3.3.2 | Principios de medición por temperatura ..... | 18 |
| 3.3.3 | Principio de medición por vibración .....    | 20 |
| 3.4   | HMI.....                                     | 22 |
| 3.4.1 | Software .....                               | 24 |
| IV.   | METODOLOGÍA.....                             | 25 |
| 4.1   | VARIABLES DE INVESTIGACIÓN.....              | 25 |
| 4.1.1 | Variables dependiente .....                  | 25 |
| 4.1.2 | Variables independientes .....               | 25 |
| 4.2   | ENFOQUE Y MÉTODOS .....                      | 25 |
| 4.3   | TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS .....      | 26 |
| 4.3.1 | Técnicas aplicadas.....                      | 26 |
| 4.3.2 | Instrumentos aplicados .....                 | 28 |
| 4.4   | MATERIALES .....                             | 28 |
| 4.5   | CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES .....              | 29 |
| V.    | RESULTADOS Y ANÁLISIS .....                  | 30 |
| 5.1   | INSTRUMENTACIÓN .....                        | 30 |
| 5.2   | INSTALACIÓN DE LOS SENSORES Y EQUIPO .....   | 34 |
| 5.3   | FORMATO PARA LA TOMA DE DATOS .....          | 35 |
| 5.4   | TABULACIÓN DE DATOS .....                    | 36 |
| 5.5   | RESULTADOS .....                             | 38 |
| 5.6   | PRESUPUESTO.....                             | 39 |

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 5.7 RESULTADOS GENERALES..... | 40 |
| VI. CONCLUSIONES.....         | 41 |
| VII. RECOMENDACIONES.....     | 42 |
| 7.1 Para la universidad.....  | 42 |
| 7.2 Para la empresa.....      | 42 |
| VIII. BIBLIOGRAFÍA.....       | 43 |
| IX. ANEXOS.....               | 45 |

### **ÍNDICE DE ILUSTRACIONES**

|   |    |
|---|----|
| Ilustración 1. Panel de Control de los tanques de llenado en Lacthosa.....                        | 2  |
| Ilustración 2. Diferentes presentaciones de leche y otros productos que ofrece Sula.....          | 9  |
| Ilustración 3. Diferentes tipos de PLC de la marca Allen Bradley. ....                            | 11 |
| Ilustración 4. Módulos de E/S Analógicas y Digitales de la marca Allen Bradley.....               | 13 |
| Ilustración 5. Sensores de Temperatura de la marca Endress Hauser, modelo TMR35. ....             | 20 |
| Ilustración 6. Colocación de sensores de horquillas vibrantes en un tanque.....                   | 21 |
| Ilustración 7. Diferentes tipos de sensores horquillas vibrantes de la marca Endress Hauser ..... | 21 |
| Ilustración 8. Distintas pantallas HMI de Allen Brandley, modelos PanelView.....                  | 23 |
| Ilustración 9. Ejemplo del Software con la automatización de Nutflakes.....                       | 24 |
| Ilustración 10. Sensor de Presión Deltapilot S FMB70 de la marca Endress Hauser .....             | 30 |
| Ilustración 11. Sensor de nivel Liquiphant FTL33 de la marca Endress Hauser.....                  | 31 |
| Ilustración 12. Sensor de Temperatura EasyTemp TMR35 de la marca Endress Hauser.....              | 31 |
| Ilustración 13. Controlador CompactLogix L27ERM QBFC1B de la marca Allen Bradley. ....            | 32 |

|   |    |
|---|----|
| Ilustración 14. Módulo POINT I/O de la marca Allen Bradley con sus respectivos módulos analógicos y digitales.....                | 33 |
| Ilustración 15. Pantalla HMI PanelView Plus de la marca Allen Bradley con ejemplo de tanque..                                     | 33 |
| Ilustración 16. Parte Superior de los tanques de llenado sin ninguna automatización. ....   | 34 |
| Ilustración 17. Parte Inferior de los tanques de llenado sin ninguna automatización.....  | 35 |
| Ilustración 18. Cotización de los sensores de presión, temperatura y de nivel.....  | 45 |
| Ilustración 19. Instalación de los sensores de presión, temperatura y de nivel en parte inferior de tanques ya automatizados..... | 46 |
| Ilustración 20. Instalación de los sensores de nivel máximo .....   | 46 |
| Ilustración 21. Pantalla HMI de tanques de llenado ya automatizados .....   | 47 |
| Ilustración 22. Módulo remoto Point con sus E/S analógicas y digitales .....  | 47 |
| Ilustración 23. Panel con sus respectivas instalaciones y acoplamiento de los actuadores y sensores .....                         | 48 |
| Ilustración 24. Cotización de pantalla HMI y Controlador.....   | 49 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1. Cronograma de actividades para la realización del proyecto.....                   | 29 |
| Tabla 2. Monitoreo de producción de planta aséptica.....                                   | 36 |
| Tabla 3. Presupuesto para la elaboración de automatización de los tanques de llenado ..... | 39 |

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

|  |    |
|--|----|
| Gráfico 1. Producción de los distintos líquidos semanales en la planta aséptica..... | 37 |
| Gráfico 2. Producción de los distintos líquidos semanales en la planta aséptica..... | 37 |
| Gráfico 3. Producción de los distintos líquidos semanales en la planta aséptica..... | 38 |

## ÍNDICE DE ECUACIONES

|   |    |
|---|----|
| Ecuación 1. Ley de Pascal.....  | 17 |
| Ecuación 2. Ecuación para el cálculo de la temperatura dentro de las termorresistencias. .... | 19 |

## GLOSARIO

- **Almix:** Mezclador de recirculación para la emulsificación e hidratación de los polvos y otros ingredientes y la estandarización de la leche.
- **ALSAFE:** Depósito presurizado para el almacenamiento intermedio de productos líquidos con baja viscosidad.
- **Cleaning in Place:** Sistema automatizado avanzado de limpieza en el sitio que se utiliza para limpiar el equipo de proceso, como las máquinas de llenado, los pasteurizadores, las tuberías sanitarias, depósitos, entre otros.
- **HMI:** Interfaz Hombre-Maquina entre el proceso y los operarios para coordinar y controlar procesos industriales y de fabricación.
- **Interfaz:** Conexión o frontera común entre dos aparatos a las cuales les brinda soporte para la comunicación a diferentes estratos.
- **Lacthosa:** Lácteos de Honduras Sociedad Anónima, empresa dedicada a la elaboración, producción y comercialización de productos lácteos, jugos y bebidas.
- **Leche Cruda:** Leche proveniente de vacas que no ha pasado el proceso de pasteurización para matar bacterias.
- **PLC:** Controlador Lógico Programable, controla la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, procesan y reciben señales digitales y analógicas y pueden aplicar estrategias de control.
- **Presión:** La fuerza que ejerce un fluido en equilibrio sobre un cuerpo sumergido en cualquier punto es perpendicular a la superficie del cuerpo. Fuerza que ejerce un líquido sobre una superficie.



## I. INTRODUCCIÓN

La automatización de un proceso industrial (máquina, conjunto o equipo Industrial) consiste en la incorporación al mismo de un conjunto de elementos y dispositivos tecnológicos que aseguren su control y un buen comportamiento. Los objetivos de la automatización han sido el procurar, la reducción de costos de fabricación, calidad constante en la producción, así como la liberación del ser humano de las tareas peligrosas entre otras. (Moreno, 1999, p.2).

La empresa Lacthosa ha ido creciendo en una forma acelerada donde busca la manera de poder seguir mejorando, sin detener su producción. En los últimos años han tenido tanques de llenado donde los operadores deben hacer un cálculo estimado de cómo se encuentra el estado de cada tanque, esto se debe a que los tanques no poseen un sistema de retroalimentación.

El principal motivo de este proyecto es poder mostrar el estado actual de cada tanque, tal como: saber su nivel de vacío, su nivel de temperatura, nivel de presión por medio de un interfaz de HMI. "Ningún empresario puede omitir la automatización de sus procesos para aumentar la calidad de sus productos, reducir los tiempos de producción, realizar tareas complejas, reducir los desperdicios o las piezas mal fabricadas y especialmente aumentar la rentabilidad" (Ruedas,2008, p.1).

La producción de leche (o diferentes bebidas, jugo, malteadas) en la empresa Lacthosa lleva un proceso delicado ya que debe ser preparada, mezclada, homogeneizada, pasteurizada y almacenada. La leche pasa a través de estas distintas etapas para estar lista antes de ser envasada en cualquiera de sus presentaciones, colocación de sus tapas, empacadas y colocadas en sus respectivos embalajes.

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 2.1 ANTECEDENTES

Lacthosa, es una empresa dedicada al envasado de leche, jugos y bebidas. La empresa cuenta con 6 líneas de producción en la planta de asépticos donde las envasadoras Tetra Pak realizan las diferentes presentaciones con las mayores normas de calidad y salubridad. Actualmente, es la empresa líder del sector lácteo se dedicada a la elaboración, producción y comercialización de bebidas como productos lácteos y jugos. Además, tiene sus marcas propias como Sula, La Pradera, Delta, Ceteco, Gaymont's y fristy.

Como se puede observar en la ilustración 1, desde sus comienzos Lacthosa ha tenido este panel de control de los tanques de preparación, ha sido muy benéfico a lo largo de los años, pero desean invertir para poder estar recibiendo mayor nivel de recolección de datos en los tanques.



Ilustración 1. Panel de Control de los tanques de llenado en Lacthosa.

Fuente: Elaboración Propia, agosto 2018

## **2.2 DEFINICIÓN DE PROBLEMA**

El equipo de control de los tanques de preparación está atrasado a los equipos modernos que existen actualmente en el mercado. Debido a la falta de recolección de datos y de control la empresa requiere de operadores para estar revisando los tanques y están estimando los estados de la leche en los mismos.

Esto conlleva a no saber la temperatura, presión y nivel exacto de los tanques de llenado de leche.

## **2.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

- ¿Cuáles equipos de medición serán los más adecuados para los tanques de llenado?
- ¿Cuál equipo de comunicación será el apropiado para ver los datos recolectados?
- ¿Cuál es coste de inversión por la colocación de los diferentes sensores?

## **2.4 OBJETIVOS**

Según Balestrini (2002) los objetivos "Orientan las líneas de acción que se han de seguir en el despliegue de la investigación planteada; al precisar lo que se ha de estudiar en el marco del problema objeto de estudio. Sitúan el problema planteado dentro de determinados límites" (p.67).

A continuación, se plasma el objetivo general y los objetivos específicos concernientes al proyecto:

### **2.4.1 Objetivo general**

Desarrollar la automatización de tanques de llenados de leche con incorporación de HMI para mejorar la recolección de datos y accionamientos del proceso.

### **2.4.2 Objetivos específicos**

- Determinar cuáles son los mejores equipos de medición para los tanques de llenado.
- Seleccionar el equipo de comunicación apropiado para poder ver la recolección de datos.
- Establecer el proceso de instalación y programación del equipo de medición y comunicación.
- Establecer acoplamiento de los accionamientos anteriores con el nuevo equipo de comunicación.

### **2.5 JUSTIFICACIÓN**

Un proyecto de automatización se inicia cuando una empresa identifica una oportunidad de mejora dentro de sus procesos productivos susceptibles de ser automatizados. Tal oportunidad puede ser el perfeccionamiento en los atributos y cualidades de alguna línea de productos para enfrentar la competencia de otros proveedores (Lugo & Ybarra, 2005)

La empresa Lactosa, al ser la empresa líder nacional en la producción de leche se hace necesario de poder automatizar sus tanques de llenado durante el proceso de preparación en la planta, con el fin de mejorar la recolección de datos del tanque.

Los datos que desean recolectar son la temperatura que posee la leche, la presión para poder establecer el nivel de llenado, sus niveles de llenado mínimo y máximo.

Para la empresa es una satisfacción poder ir mejorando más sus procesos y equipo ya que desean poder automatizar todo su equipo y llegar a ser una planta completamente automatizada.

### **III. MARCO TEÓRICO**

El presente capítulo contiene el sustento marco teórico. Se define la importancia de la recolección de datos con respecto a la leche y diferentes bebidas, el funcionamiento de los diferentes sensores de presión, temperatura, nivel del tanque y la pantalla HMI.

#### **3.1 LECHE**

Los productos lácteos se consideran la mejor fuente dietética por el contenido y la biodisponibilidad del calcio que contienen, y ofrecer la ventaja adicional de proporcionar aportes significativos de otros nutrientes, contribuyendo así a la mejora de la calidad nutricional de la dieta (Farre Rovira,2015).

Se entiende por leche, leche en polvo y nata (crema). La leche en polvo es el producto obtenido mediante la eliminación de agua. El contenido de grasa y/o proteínas podrá ajustarse únicamente para cumplir con los requisitos de composición, estipulados en la sección tres de Norma codex alimentarius, mediante adición y/o extracción de los constituyentes de la leche, de manera que no se modifique la proporción entre la proteína del suero y la caseína de la leche utilizada como materia prima (FAO,2011).

##### **3.1.1 Mercado**

La leche es uno de los alimentos más completos que se encuentran en el mercado actual, por ser alta en proteínas, grasas, vitaminas y minerales, necesarios para la nutrición humana. La proteína de la leche tiene gran cantidad de aminoácidos esenciales para el cuerpo humano, la proteína que más proporciona la leche es la caseína. La grasa de la leche está conformada por triglicéridos y

14 ácidos. Las vitaminas que contiene la leche son: A, B12, B1, D y E, y la mayor cantidad de minerales son calcio y fósforo.

El consumo per cápita de leche en los últimos años de Honduras es de 120 litros por año, con una tendencia de crecimiento anualmente, la leche es segundo producto más consumido a nivel nacional después de las bebidas gaseosas.

LACTHOSA es una empresa dedicada a la producción de leche, malteadas, cremas, quesos, helados y yogurt en la rama del sector lácteo. Posee seis plantas de procesamiento, con lo que genera unos 2,500 empleos directos y otros 25,000 indirectos. Para la producción, LACTHOSA compra leche a más de 7,000 productores y distribuye sus productos en cinco países incluyendo a Honduras, Guatemala, El Salvador, Belice y Estados Unidos.

Los productos Lácteos forman parte de la dieta de todas las personas alrededor del mundo, muchos de los procesos actualmente usados provienen de miles de años, cuando el hombre comenzó a transformar la materia prima, como la leche en alimentos más complejos y con una vida más útil y larga (Osorio,2003).

### **3.1.2 Fuentes de leche**

Las principales fuentes de leche para la empresa Lacthosa son la leche cruda y leche en polvo.

- Leche Cruda: Proveniente de vacas, en sus condiciones desde su extracción, sin ningún agregado o tratamiento.
- Leche en polvo: Producto obtenido mediante la eliminación del agua, sin modificación de proteínas y caseína.

### **3.1.3 Preparación de la leche**

El proceso de la leche dependerá principalmente si se utilizara leche fresca o leche en polvo. Si es leche fresca, se introducirá en los tanques de llenado hasta llegar a la cantidad necesaria para luego agregar ingredientes, tales como: azúcar, suero, entre otros, a través de los mezcladores Almix. Si es leche en polvo, se introduce agua en los tanques de llenado hasta llegar a cantidades necesarias para luego agregar los demás ingredientes tales como: azúcar, suero, entre más ingredientes, través de los mezcladores Almix.

El primer cuidado es el aseo y desinfección de los recipientes donde se va a recoger la leche, no debe contener restos de leche, agua de lavado, suciedades, soldaduras defectuosas, etc., que puedan transformar en inadecuada y bacteriológicamente sucia la leche(Mahaut,2003).

Una vez los tanques llenos, la leche es supervisada por uno de los inspectores, siendo analizada e inspeccionada, seguidamente si la leche es aprobada se activan las bombas de enfriamiento y los agitadores dentro del tanque donde se baja a temperaturas de hasta 5°.

Es fundamental obtener leche con un bajo recuento inicial de bacterias y refrigerarla inmediatamente a 4 – 8°C, si esto se logra bacteriológicamente hablando se habrá obtenido una excelente materia prima, para lograr una leche de buena calidad bacteriológica, para ello es fundamental la participación y la autogestión de los tamberos(Heer,2007).

La leche dentro de los tanques de preparación debe estar en continuo movimiento debido a que tiende a separarse estando en reposo. Después de los tanques de llenado la leche llega a los Flex, máquina donde se calienta y empieza su proceso de pasteurización a una temperatura de 86° aproximadamente, es importante mencionar que dependiendo de la producción de leche que se esté realizando esta misma se dirigirá hacia el proceso de deslactosar donde la leche es deslactosada o descremada, luego de ese proceso la leche llega a los homogeneizadores donde

es golpeada para reducir los grumos de grasa formaron por los procesos anteriores. Una vez homogeneizada la leche, regresa a los flex para una ultra pasteurización donde la leche se calienta a 136° aproximadamente y llega a su estación final que es el Alsafe (tanque aséptico).

### **3.1.4 Presentación de leche en el mercado**

Las presentaciones en la leche se pueden clasificar por su contenido de materia grasa

- Leche Entera: Es aquella con un contenido superior a 30 gramos de materia grasa por litro
- Leche semi descremada: Es aquella con un contenido máximo de 30 gramos de materia grasa y un mínimo a 5 gramos por litro
- Leche descremada: Es aquella con un contenido máximo de hasta 5 gramos por litro de materia grasa.

Con esto mencionado, la empresa Lactosa posee diferentes tipos de presentaciones de leche para poder satisfacer las distintas necesidades de sus clientes. Donde pueda llegar a todo tipo de público desde niños hasta adultos, con o sin intolerancia a la lactosa y con mayores niveles de minerales.

Sus presentaciones son las siguientes:

- Leche Entera:

Leche Entera en sus tres presentaciones de 0.94L, 0.47L y 200L.

- Leche Semi descremada:

Leche Deslactosada- Semidescremada.

Leche Semi Descremada.

Las dos leches mencionadas tienen la presentación de 0.94L.



- Leche Descremada:

Leche Deslactosada- Descremada Light.

Leche Descremada Light.

Leche con Fibra Descremada.

Leche Extra-Calcio Descremada Light.

Todas las leches mencionadas tienen la presentación de 0.94L.



Ilustración 2. Diferentes presentaciones de leche y otros productos que ofrece Sula.

Fuente: Lactosa, 2018.

## 3.2 CONTROLADORES PROGRAMABLES

### 3.2.1 Controlador lógico programable

Controlador Lógico Programable, es un dispositivo digital electrónico con una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones, permitiendo la implementación de funciones específicas como ser: lógicas, secuenciales, temporizadas, de conteo y aritméticas; con el objeto de controlar máquinas y procesos(Moreno,2011).

La razón principal para la elaboración y diseño de un dispositivo de este tipo fue para la eliminación de los grandes costos involucrados en la sustitución de los complicados sistemas de control de máquinas basados en relé.

Los controladores lógicos programables están diseñados para ser capaces de tomar la información de una variedad de diferentes sensores y utilizarla para controlar una variedad de diferentes máquinas. Los PLC son capaces de controlar con precisión un proceso en tiempo real, por lo que son muy rápidos, cuando un PLC recibe una instrucción, responde al instante, emitiendo los controles a sus motores (Celso, Mandado & Acevedo, 2009).

### **3.2.2 Tipos de PLC**

- **PLC Compacto**

En un solo bloque se encuentra la CPU, fuente de alimentación, módulos de entradas y salidas. A menudo existe un número fijo de E/Ss digitales y una o dos canales de comunicación, además, puede haber una entrada para el contador de alta velocidad y una o dos E/Ss analógicas. Para aumentar el número de las E/Ss de un PLC compacto individual se incrementa los módulos que pueden ser conectados. La cantidad de módulos que se puedan conectar dependerá de la marca y capacidad del PLC.

- **PLC Modular**

Son los tipos de PLC más potentes y tienen más funciones que los PLC compactos. La CPU, SM, CP y otros módulos se encuentran generalmente en paquetes separados en un riel DIN o en un riel con forma especial y que se comunica con CPU a través de un protocolo. Los PLCs modulares pueden utilizar un elevado número de entradas/salidas, pueden soportar programas más grandes, guardar más datos y operar bajo el modo de multitarea.

- **PLC de tipo montaje en rack**

Son aquellos que poseen las mismas capacidades y funciones que el PLC modular, existen algunas diferencias en el protocolo o en el rack donde se colocan los módulos del PLC. El rack contiene ranuras para los módulos y un sistema de bus integrado para intercambiar información entre los diferentes módulos, la ventaja principal es que pueden permitir un intercambio más rápido de los datos entre módulos y el tiempo de reacción por parte de los módulos es menor.



Ilustración 3. Diferentes tipos de PLC de la marca Allen Bradley.

Fuente: Allen Bradley, 2018.

### **3.2.3 Lenguajes de programación**

La Programación Estructurada está enfocada a las estructuras de control de un programa, su técnica primaria consiste en la eliminación del salto incondicional y su reemplazo por sentencias bien estructuradas de bifurcación y control(Díaz,2003). Los lenguajes de programación para PLC son de dos tipos, visual y escrito. los visuales admiten estructuras el programa por medio de símbolos gráficos, similares a los que se han venido utilizando para describir los sistemas de automatización, planos esquemáticos y diagramas de bloques. Existen tres lenguajes de programación visual:

- Lenguaje tipo Escalera(LAD)
- Lenguaje de Funciones Secuenciales(SFC)

- Lenguaje de Bloques de Funciones(FBD)

Los escritos son listados de sentencias que describen las funciones a ejecutar. Existen dos tipos de lenguajes de programación escrita:

- Lenguaje Texto Estructurado
- Lenguaje listo de Instrucciones

### **3.2.4 Interfaz de entradas y salidas**

Uno de los aspectos fundamentales del nivel físico es transmitir información en forma de señales electromagnéticas. La información que utilizan las personas o las aplicaciones no están en un formato que se pueda transmitir por una red. El medio de transmisión funciona transmitiendo energía en forma de señales electromagnéticas. La información debe ser convertida a señales electromagnéticas, para poder ser transmitida(Barcell,2006).

Existen dos tipos de tipos de señales:

- Analógicas
- Digitales

- **Digitales**

Son señales binarias, son las que pueden tomar solo dos estado, encendido o apagado, estado lógico 1 o 0. Cuando se trabaja con señales digitales no importa cuánto voltaje se esté aplicando, el microcontrolador solamente distingue 2 estados, ya sea encendido o apagado.

El Procesado Digital de Señales se ocupa de la representación, transformación y manipulación de señales discretas desde el punto de vista de la información que contienen(Barchiesi,2008).

- **Analógicas**

Los módulos de entradas analógicas convierten una magnitud analógica en un número que se deposita en una variable interna. Las señales analógicas admiten como señal de entrada valores de tensión o corriente intermedios dentro de un rango, que puede ser de 4-20 mA, 0-5 VDC o 0-10 VDC, convirtiéndola en un número.

Son variables eléctricas que evolucionan en el tiempo en forma análoga a alguna variable física, estas variables pueden presentarse en la forma de una corriente, una tensión o una carga eléctrica, varían en forma continua entre un límite inferior y un límite superior. cuando estos límites coinciden con los límites que admite un determinado dispositivo, se dice que la señal está normalizada(Miyara,2004).

Las señales se pueden clasificar por su polaridad que son:

- PNP es un interruptor directo conectado a la fuente de alimentación positiva.
- NPN un interruptor directo conectado a la tensión negativa (tierra).



Ilustración 4. Módulos de E/S Analógicas y Digitales de la marca Allen Bradley.

Fuente: Allen Bradley, 2018.

La ilustración 4 nos muestra distintos módulos de E/S los cuales pueden recibir y enviar distintas señales para que nuestro controlador pueda interpretar y ejecutar sus comandos.

### **3.2.5 Módulos remotos**

Hoy en día las comunicaciones industriales adquieren una gran importancia en nuestro sistema de automatización, los equipos tienen la necesidad de comunicar entre sí de una manera segura y basándose en los últimos estándares de comunicación. Trabajando con los estándares de comunicación más instalados en el mundo: PROFINET, PROFIBUS y AS-i (Siemens,2010).

Los módulos remotos son módulos de entradas/salidas digitales y/o análogas que se comunican con el controlador lógico programable a través de un protocolo de comunicación.

Protocolos de comunicación más utilizados:

- **Buses de campo:**

Un bus de campo es un sistema de transmisión de información (datos) que simplifica enormemente la instalación y operación de máquinas y equipamientos industriales utilizados en procesos de producción. Los buses de campo utilizados en la automatización de procesos:

- Profibus
- Fielbus Foundation
- HART
- Modbus
- Devicenet
- AS-I

Los buses de campo se están reemplazando progresivamente los sistemas de control aislados y centralizados por redes de control distribuido con las que mejorar la calidad del producto, reducir costes y mejorar la eficiencia (Martínez, Yuste & Guerrero,2009).

- **Ethernet industriales**

Las redes Ethernet son un sistema de transmisión de información donde su utilidad se basa en la posibilidad de supervisar la calidad de los enlaces, la existencia de utilitarios para la configuración de los equipos y la capacidad de controlar y programar a los dispositivos desde una ubicación central.

Los ethernet industriales más utilizados son:

- EtherCat
- Profinet

Ethernet es un sistema muy famoso y extendido, pero es necesario pensar que un sistema de comunicación para la industria ha de tener una serie de características que garanticen la seguridad del sistema(Oliva,2013).

### **3.3 Principios de medición**

Prevosto & Mancinelli (2002) nos dice, "Medir una magnitud física es asociar a la misma un valor dimensionado con relación a la unidad que arbitrariamente se ha definido para medirla. No existen ni pueden existir instrumentos que permitan medir sin error alguno una magnitud física."

#### **3.3.1 Principios de medición por presión**

Según Mott (2006) dice, "Los fluidos están sujetos a variaciones grandes de presión, en función del sistema en el que se utiliza, la leche contenida en un vaso se halla a la misma presión que ejerce el aire sobre ella, es común que, en un sistema de fluido de potencia, el aceite se mantenga a una presión elevada que permita ejercer una enorme fuerza". Existen diferentes formas de medir la presión dependiendo de su aplicación desde presión absoluta y relativa, presión hidrostática y presión diferencial.

- **Presión absoluta y relativa**

Presión absoluta es la presión de referencia más inequívoca, que prevalece en el espacio sin presión atmosférica. Presión relativa es la diferencia entre presión absoluta y presión atmosférica. Estas dos presiones se pueden medir con:

- Presostato: Se abre o cierra un contacto al alcanzar un valor de presión previamente configuración, en función de su necesidad, los presostatos se utilizan con contactos mecánicos o eléctricos con o sin indicación y con varias posibilidades de ajuste.
- Celda de Polisilicio: la presión de trabajo flexiona el diafragma separador y un fluido de relleno transfiere la presión a un puente de resistencias (tecnología de semiconductores), se mide y evalúa además el cambio en la tensión de salida debido a la presión.

- **Presión diferencial**

La presión diferencial es la presión que mide un líquido o un fluido a través de la diferencia de presiones, la medición de fluidos se hace en tanques con líquidos en el cual las presiones ejercen una medición a través de ella. Se puede medir con:

- Célula de polisilicio: la presión de trabajo flexiona el diafragma separador y un fluido de relleno transfiere la presión a un puente de resistencias (tecnología de semiconductores). Se mide y evalúa además el cambio en la tensión de salida debido a la presión.
- Sello separador: la presión de trabajo actúa sobre el diafragma del sello separador y se transfiere a un diafragma separador independiente del sensor gracias a un fluido de relleno.



Los sensores de presión diferencial están pensados para realizar la medida de presión entre ambos puntos, de tal forma que ha de contar necesariamente con dos tomas de presión. Las dos tomas de presión convergen en una salida eléctrica, empleando una lógica de comparación entre ambos puertos de presión, por lo que tendremos un valor de tensión positivo según sea el incremento de presión o negativo, según sea el decremento de presión, de una toma respecto a la otra (Corona, Abarca & Carreño,2014).

- **Presión hidrostática**

La presión hidrostática es la presión o fuerza que el peso de un fluido en reposo puede llegar a provocar. la presión aplicada a un fluido encerrado se transmite sin disminución a todas las partes del fluido y las paredes del recipiente (Sears & Zemansky,2013).

Para la realización de este proyecto la presión hidrostática es fundamental, ya que para medir el nivel de los tanques se utilizan los sensores de presión Hidrostática debido a que la leche es un producto delicado y que genera espuma o se tienen a separar la leche no se puede utilizar otro tipo de datos como los ultrasónicos, capacitivos, infrarrojos entre otros.

Según Pascal la presión de un fluido en un recipiente depende de la altura del líquido por la densidad y la gravedad.

$$P = \rho gh$$

P=Presión

$\rho$ = Densidad del Liquido

g=gravedad

h= altura

Ecuación 1. Ley de Pascal.

Fuente: Endress+Hauser, 2012.

Se puede medir con:

- Célula Contite: la célula de medición está totalmente protegida entre el diafragma separador y la parte posterior de la membrana, también es totalmente insensible a la formación de condensación y a los gases agresivos.
- Célula cerámica: El sensor cerámico es un sensor en seco, es decir, la presión de proceso actúa directamente sobre el robusto diafragma separador cerámico y lo flexiona, el cambio de capacitancia en función de la presión se mide entre los electrodos del sustrato cerámico y el diafragma separador.

Ventajas

- Máxima seguridad de planta proporcionada por la célula de medición Contite resistente a condensaciones y única.
- La célula Contite ofrece una muy buena reproducibilidad y estabilidad a largo plazo incluso tras choques térmicos.
- La célula cerámica tiene una compatibilidad química realmente buena y una elevada estabilidad mecánica gracias a la cerámica ultrapura 99,9%.
- Membrana cerámica robusta con detección de rotura de membrana integrada; también apta para aplicaciones de vacío.

### **3.3.2 Principios de medición por temperatura**

La temperatura no es una medida de "calor en el cuerpo", la temperatura es una magnitud física que nos indica cuantitativamente, el estado de "caliente" o "frío" de un cuerpo, se expresa mediante un número asociado convencionalmente al cuerpo.

Según Picquart & Morales (2017), "La temperatura se define como la magnitud física que permite medir el grado de calor. Esta noción es bastante intuitiva ya que se refiere a nuestras sensaciones de caliente y frío. Sin embargo, el concepto físico llegó muy tarde ya que nuestros sentidos mezclan los efectos de la temperatura y los de la transferencia de calor." La forma de medición más utilizadas en la industria es a través de:

- **Termocuplas**

Una termocupla se hace con dos alambres de distinto material unidos en un extremo (soldados generalmente), al aplicar temperatura en la unión de los metales se genera un voltaje muy pequeño (efecto Seebeck) del orden de los milivolts el cual aumenta con la temperatura.

- **Termistores**

Es un elemento de detección de temperatura compuesto por material semiconductor sinterizado que presenta un gran cambio en la resistencia en proporción a un cambio pequeño en la temperatura, en general, los termistores tienen coeficientes de temperatura negativos, lo que significa que la resistencia del termistor disminuye a medida que aumenta la temperatura.

- **Termorresistencias**

Una termorresistencia, o RTD por sus siglas en inglés, es un detector de temperatura resistivo, es decir, un sensor de temperatura que detecta la variación de la resistencia de un determinado conductor en función de la temperatura del ambiente.

$$R_t = R_0(1 + \alpha t)$$

$R_0$ = Resistencia en Ohmios a 0 grados Celsius

$\alpha$ =Coeficiente de temperatura de la resistencia

$R_t$ = Resistencia a la temperatura t grados Celsius

Ecuación 2. Ecuación para el cálculo de la temperatura dentro de las termorresistencias.

Fuente: Sensores y Actuadores, 2014.

## Ventajas

- Diseño compacto y pequeño hecho enteramente de acero inoxidable.
- Tiempos de respuesta muy rápidos.
- Alta precisión incluso con longitudes de inserción cortas.
- Transmisor con tecnología a 4 hilos, Pt100 o programable desde PC, con salida analógica de 4 a 20 mA.
- Diseño sanitario compatible con la marca 3-A y la certificación EHEDG.



Ilustración 5. Sensores de Temperatura de la marca Endress Hauser, modelo TMR35.

Fuente: Endress+Hauser, 2018.

### 3.3.3 Principio de medición por vibración

Horquillas Vibrantes consiste en una horquilla de dos clavijas que vibra a su frecuencia natural, la frecuencia cambia según el medio en el cual se sumerge, cuando están en el aire, las horquillas vibran a su frecuencia natural cuando el líquido cubre las horquillas, la frecuencia cae.



Ilustración 6. Colocación de sensores de horquillas vibrantes en un tanque.

Fuente: Endress+Hauser Flowtec AG, 2012.

El primer elemento piezoeléctrico desencadenado por señales de pulso que se crean desde el circuito de transporte de la energía, y el otro elemento piezo eléctrico recibe la vibración y la transmite mediante señal eléctrica. Mientras la sonda contacte el material, este causará el cambio de frecuencia en la señal de salida y la vibración enviará la señal a un relé al mismo tiempo (Endress+Hauser Flowtec AG, 2012)



Ilustración 7. Diferentes tipos de sensores horquillas vibrantes de la marca Endress Hauser

Fuente: Endress+Hauser Flowtec AG, 2012.

## Ventajas

- Insensible al producto.
- Insensible a las propiedades del producto.
- Instalación simple y listo para usar sin calibración.
- Doble seguro de protección en caso de que pieza dañada.
- Sin desgaste ni mantenimiento.

### **3.4 HMI**

Los HMI modernos deben centrar de manera automática la atención del operario sobre el problema, deben seguir procedimientos operativos estándar, asegurar una identificación puntual y sencilla de las condiciones anormales. Un diseño avanzado y con conocimiento de la situación debe ayudar al operario a ver lo que ocurre, centrarse en el problema y proporcionar de inmediato las pantallas pertinentes (Wonderware,2018).

HMI como sus siglas lo dicen es un Human Machine Interface son dispositivos o sistemas que permite el interfaz entre la persona y la máquina, hace varios años estos sistemas consistían en paneles compuestos por indicadores y comandos, indicadores digitales y análogos, registradores, pulsadores, selectores y otros que se interconectaban con la máquina o proceso. En la actualidad, las máquinas y procesos en general están implementadas con controladores y otros dispositivos electrónicos que dejan disponibles puertas de comunicación, es posible contar con sistemas de HMI bastantes más poderosos y eficaces, además de permitir una conexión más sencilla y económica con el proceso o máquinas, como mostraremos a continuación.



Ilustración 8. Distintas pantallas HMI de Allen Bradley, modelos PanelView.

Fuente: Allen Bradley, 2018.

Las HMI son terminales gráficos ofrecen soluciones de interfaz electrónica resistentes en distintos tamaños, métodos de entrada para el operador, opciones de memoria y configuraciones, estos dispositivos robustos están completamente empaquetados (hardware, software y comunicaciones) y probados para la operación de la interface humano-máquina. Han obtenido clasificaciones para un alto nivel de choque, vibración y temperatura para que obtengan un acceso a información sobre la aplicación a través de distintos protocolos de comunicación, entre los que se incluyen DeviceNet™, ControlNet™ y EtherNet/IP™ (Allen Bradley,2018).

Existen dos tipos de HMI:

- Terminal de Operador:

Es un dispositivo, construido para ser instalado en ambientes agresivos, donde pueden ser solamente de despliegues numéricos, o alfanuméricos o gráficos. Usualmente son pantallas no táctiles, pero pueden ser táctiles.

- PC + Software

Este constituye otra alternativa basada en un PC en donde se carga un software apropiado para la aplicación, como PC se puede utilizar cualquiera según lo exija el proyecto, los de panel (Panel PC) que se instalan en gabinetes dando una apariencia de terminal de operador.

### 3.4.1 Software

El software FactoryTalk View Machine Edition (ME) es una versátil aplicación de interface operador-máquina (HMI) que ofrece una solución robusta y dedicada para dispositivos de interface de operador a nivel de máquina, como un elemento integral de la solución de visualización de Rockwell Automación, FactoryTalk View Machine Edition proporciona gráficos superiores, cambio de idiomas en tiempo de ejecución y un tiempo de puesta en marcha más breve mediante un ambiente de desarrollo común (Rockwell Software,2013).

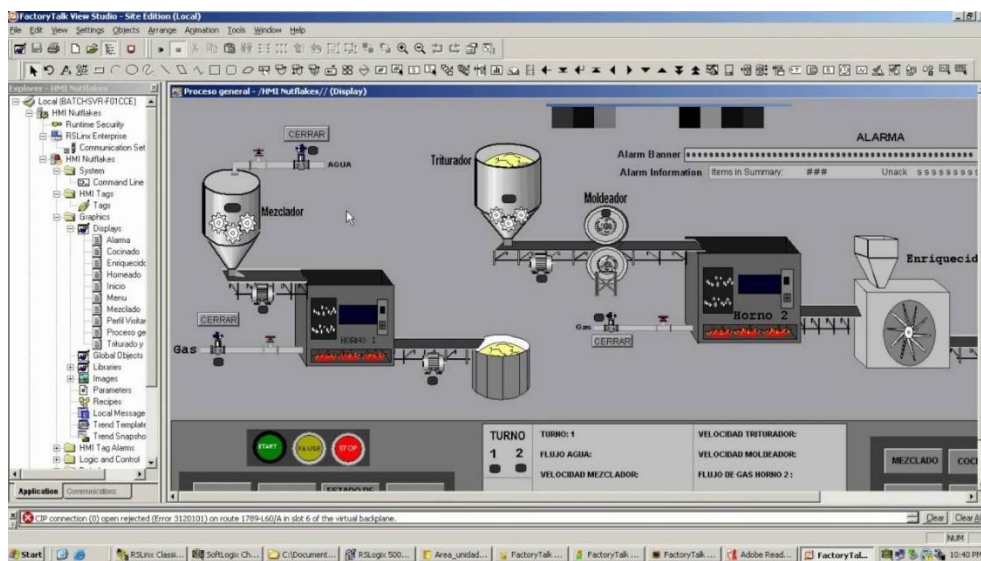


Ilustración 9. Ejemplo del Software con la automatización de Nutflakes.

Fuente: Rockwell Software,2013

El HMI debe exponer la información pertinente a las personas apropiadas y en el momento adecuado; permitirles tomar mejores decisiones en función de la información más cuantificable y precisa disponible (Hopcroft & Ullman, 2008).



## **IV. METODOLOGÍA**

Una variable es una propiedad que puede cambiar y cuya variación es susceptible de medirse u observarse. Las variables adquieren valor para la investigación científica cuando llegan a relacionarse con otras variables, es decir, si forman parte de una hipótesis o una teoría. En este caso se les suele denominar constructos o construcciones hipotéticas (Cortes & Iglesias,2004).

### **4.1 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN**

Las variables se pueden dividir en dependiente e independiente. La variable independiente es la variable que el investigador mide, manipula o selecciona para determinar su relación con el fenómeno observado. La variable dependiente es el factor que el investigador observa o mide para determinar el efecto de la variable independiente o variable causa (Hernández, Fernández & Baptista, 2010).

#### **4.1.1 Variables dependiente**

Las variables dependientes son el nivel del tanque y enfriamiento.

#### **4.1.2 Variables independientes**

Las variables independientes no se manipulan, son las que se utilizan para ver los efectos que produce en las variables dependientes. Las variables independientes bajo estudios afectan la producción de leche.

- Presión
- Temperatura

### **4.2 ENFOQUE Y MÉTODOS**

Los métodos mixtos representan un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como

su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio (Hernández Sampieri,2008).

Durante la planeación y realización del proyecto se utilizó el método mixto, contando con características de ambos enfoques:

- Enfoque cuantitativo: Mediante la recopilación de datos a través de los sensores saber el nivel del tanque y su temperatura durante el proceso de llenado.
- Enfoque cualitativo: Se involucró al personal de la planta como ser, los operadores, supervisores de línea, gerente de planta y técnicos de mantenimiento, ya que ellos contaban con mayor conocimiento del proceso y planificación de las mejoras que se desean realizar.

### **4.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS**

A continuación, se detallan los instrumentos y técnicas aplicadas durante el desarrollo del proyecto.

#### **4.3.1 Técnicas aplicadas**

La recolección de datos se realizó mediante las siguientes técnicas:

1. Análisis de la capacidad del panel ya existente.
2. Estudio y análisis del proceso de preparación y llenado.
3. Análisis y selección de los sensores para el tipo de proceso tomando en cuenta los diferentes factores que pueden interferir.
4. Solicitud de cotizaciones de sensores y equipo necesario a proveedores.
5. Investigación en internet
6. Solicitud de cotizaciones de instalación de sensores.
7. Estudio y análisis de registro de automatizaciones anteriores en diferentes tanques.

Primordialmente, se realizó un análisis de la capacidad del panel ya existente en la zona de tanques de llenado, donde se pudo observar que estaba casi a su máxima capacidad por lo cual se optó por la colocación de un nuevo panel. Se estudió y analizó el proceso de preparación y llenado de la leche para poder percibir alguna otra mejora a los tanques, desde su limpieza, preparación y producción de leche.

Se realizó análisis de los sensores seleccionados debido a que la leche es un producto delicado y hay factores que afecta a los sensores. Factores de la leche como su tendencia a separarse, las turbulencias de la leche al estar en movimiento y cambios de temperaturas.

Se realizaron solicitudes de cotizaciones de los diferentes sensores de medición necesarios para la automatización y equipo de comunicación, junto con accesorios necesarios para llevar a cabo la instalación. La información obtenida mediante estas comunicaciones es de carácter cuantitativo como, por ejemplo, precios de los sensores, equipos y fechas de entrega.

Investigación en internet, como uno de los principales medios para recolectar más información de los sensores y equipos, que se utilizan en la industria, donde se recolectó documentos referentes a el proceso de llenado y los últimos avances de automatización.

Se realizaron solicitudes a diferentes empresas de instalación de sensores debido a que los sensores y los tanques son de acero inoxidable, buscando siempre los mejores servicios debido a que los tanques son de grado alimenticio.

Debido a que ya se han realizado proyectos automatización en distintos tanques en otras áreas, se realizó estudio de costos, planos, sensores, equipo y mano de obra que se han utilizado con el fin de poder comparar y/o mejorar la automatización de los tanques de llenado.

Investigación en internet, como uno de los principales medios para recolectar más información de los sensores y equipos, que se utilizan en la industria, donde se recolectó documentos referentes a el proceso de llenado y los últimos avances de automatización.

### **4.3.2 Instrumentos aplicados**

La cantidad de leche necesaria para realizar la demanda del día es controlada por cálculos estimados realizados por los supervisores de planta, el cálculo estimado incluye las posibles pérdidas en el proceso de tratamiento de la leche, problemas de energía eléctrica, envasado y embalaje.

### **4.4 MATERIALES**

Dentro de los materiales que se utilizaron para la automatización de los tanques de llenado con interfaz HMI:

- CompactLogix L27ERM QBFC1B Allen Bradley
- PanelView Plus 700 Allen Bradley
- Rack de módulos Point E/S Allen Bradley
- Módulos Análogos y Digitales Allen Bradley
- Sensor de presión Deltapilot S Endress + Hauser
- Sensor de temperatura TMR35 Endress + Hauser
- Sensor switch de nivel FTL33 Endress + Hauser
- Cable eléctrico TFF #16
- Borneras
- Gabinete eléctrico
- Abrazaderas plásticas
- Etiquetas para cable
- Cable de red con sus conectores
- Fuente de alimentación

## 4.5 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

| Actividades   | Semanas  |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
|---|----------|---|---|----------|---|---|----------|---|---|----------|---|---|----------|---|---|----------|---|---|----------|---|---|----------|---|---|----------|---|---|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|
|   | Semana 1 |   |   | Semana 2 |   |   | Semana 3 |   |   | Semana 4 |   |   | Semana 5 |   |   | Semana 6 |   |   | Semana 7 |   |   | Semana 8 |   |   | Semana 9 |   |   | Semana 10 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
|   | L        | M | J | V        | L | M | J        | V | L | M        | J | V | L        | M | J | V        | L | M | J        | V | L | M        | J | V | L        | M | J | V         | L | M | J | V | L | M | J | V | L | M | J | V | L | M |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| Inducción de seguridad                                  | ■        |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| Recorrido del plantel                                   |          | ■ | ■ |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| Selección de equipo                                     |          |   | ■ | ■        |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| Cotización de equipo                                    |          |   |   | ■        | ■ | ■ |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| Cotización de instalación                               |          |   |   |          | ■ | ■ | ■        | ■ |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| Elaboración de propuesta                                |          |   |   |          |   | ■ | ■        | ■ | ■ | ■        |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| Compra de equipo  |          |   |   |          |   |   | ■        | ■ | ■ | ■        | ■ | ■ |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| Estudio de manuales                                     |          |   |   |          |   |   |          | ■ | ■ | ■        | ■ | ■ | ■        |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| Instalación de sensores de presión, nivel y temperatura |          |   |   |          |   |   |          |   | ■ | ■        | ■ | ■ | ■        | ■ |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| Instalación de accesorios eléctricos                    |          |   |   |          |   |   |          |   |   | ■        | ■ | ■ | ■        | ■ | ■ |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| Instalación de PLC y módulos                            |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          | ■ | ■ | ■        | ■ | ■ | ■        |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| Instalación de pantalla HMI                             |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   | ■ | ■        | ■ | ■ | ■        | ■ |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| Configuración del sistema                               |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   | ■        | ■ | ■ | ■        | ■ | ■ |          |   |   |          |   |   |          |   |   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| Comisamientos de señales                                |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          | ■ | ■ | ■        | ■ | ■ | ■        | ■ | ■ | ■        | ■ | ■ | ■        | ■ | ■ | ■         | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |  |
| Recolección de Datos                                    |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| Análisis de datos                                       |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |          |   |   |           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |

Tabla 1. Cronograma de actividades para la realización del proyecto.

Fuente: Elaboración Propia, septiembre 2018

## V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

El presente capítulo contiene el análisis y resultados obtenidos del proyecto. Se muestran los resultados de la selección de los sensores, controlador lógico, red de comunicación, su instalación.

### 5.1 INSTRUMENTACIÓN

Para el proceso de selección de medidores de nivel, se utilizó como referencia el manual de medición de flujos de Endress+Hauser. También, se tomaron en cuenta las propiedades físicas del fluido, duración de la producción, la ubicación de instalación de los medidores y la exactitud requerida para la medición.

Para saber el nivel del tanque principalmente utiliza un sensor de presión hidrostática, debido a que la leche por ser un producto delicado se tiende a separar, hacer espuma, nata lo cual hace difícil utilizar sensores de nivel como sondas, flotadores, ultrasónicos, capacitancia y de radar ya que podrían mandar señales equivocadas.

Con la información del líquido, se procedió a seleccionar el sensor de presión Deltapilot S FMB70 el cual nos va a estar proveyendo la presión del líquido. Utiliza la fórmula de presión y despejando la fórmula para la altura que ejerce el líquido obtendremos el nivel al cual se encuentra el tanque.



Ilustración 10. Sensor de Presión Deltapilot S FMB70 de la marca Endress Hauser

Fuente: Endress + Hauser, 2018

Se utiliza los switch especiales liquiphant FTL33 con horquillas vibrantes, debido a que estos no cambian su frecuencia por la espuma o separación de leche, lo que los hace los ideales para el trabajo de marcar y enviar señal de nivel mínimo y máximo.



Ilustración 11. Sensor de nivel Liquiphant FTL33 de la marca Endress Hauser.

Fuente: Endress + Hauser, 2018

La leche por ser delicada a los cambios de temperatura favorece al crecimiento de las bacterias malas y buenas lo cual saber la temperatura de los tanques es un factor principal. Para el proyecto se utiliza EasyTemp TMR35 debido que su instalación es fácil y su alta durabilidad.



Ilustración 12. Sensor de Temperatura EasyTemp TMR35 de la marca Endress Hauser.

Fuente: Endress + Hauser, 2018

La empresa ya que tiene mucha influencia por sus proveedores que están en el extranjero, se utiliza un controlador Allen Bradley CompactLogix L27ERM QBFC1B que será nuestro principal receptor y analizador de datos. Una de las razones para la utilización de este controlador es su capacidad de poder incorporar varios módulos locales y módulos remotos a través de su protocolo de comunicación ethernet.



Ilustración 13. Controlador CompactLogix L27ERM QBFC1B de la marca Allen Bradley.

Fuente: Elaboración Propia, septiembre 2018

Debido a que el controlador tendrá más conexiones para estar conectado con distintos actuadores y sincronizado con el resto de los tanques se utilizarán módulos remotos de conexión, se utiliza el módulo 1734 Point I/O donde contará con módulos digitales y análogos para los diferentes sensores que se utilizaran.





Ilustración 14. Módulo POINT I/O de la marca Allen Bradley con sus respectivos módulos analógicos y digitales.

Fuente: Allen Bradley, 2018

La pantalla HMI que se utiliza para poder ver los estados y controlar los tanques será PanelView Plus 700 Allen Bradley donde junto con su software RsLogix5000 se diseñará su interfaz de los estados de los tanques junto con sus respectivos accionamientos.



Ilustración 15. Pantalla HMI PanelView Plus de la marca Allen Bradley con ejemplo de tanque.

Fuente: Allen Bradley, 2018

## 5.2 INSTALACIÓN DE LOS SENSORES Y EQUIPO

Principalmente, se realizó la cotización de un equipo de soldadura especial para la instalación de los sensores debido a que son de acero inoxidable con control alimenticio, después se procedió a realizar las conexiones con el controlador, módulos remotos y acoplamiento de accionamiento anteriores.

La instalación de los sensores sería en la parte superior e inferior cónica de los tanques debido a que en la parte superior será para determinar su nivel máximo, en la parte inferior se colocara el sensor de presión, temperatura y nivel mínimo del tanque.



Ilustración 16. Parte Superior de los tanques de llenado sin ninguna automatización.

Fuente: Elaboración Propia, septiembre 2018



Ilustración 17. Parte Inferior de los tanques de llenado sin ninguna automatización.

Fuente: Elaboración Propia, septiembre 2018

Comprobar las conexiones realizadas mediante la comunicación del controlador, donde podremos verificar la temperatura, presión y límites.

Trabajar en el panel donde se ubicó el controlador, tener paro de emergencia, guardamotors, disyuntors diferenciales, relés y todas las precauciones necesarias, junto con su alimentación, switch y todo lo que sea necesario para proteger nuestro sistema en caso de alguna falla eléctrica. Una vez corroborado que las conexiones funcionan bien, se instaló la pantalla HMI y se empieza a trabajar en la interfaz de ella, luego se procedió a verificar si todo funciona bien según lo planeado de no ser así cambiar programación de interfaz.

### **5.3 FORMATO PARA LA TOMA DE DATOS**

Mediante la siguiente tabla se pudo llevar un control diario durante unas semanas de las producciones que se realizaron en la planta aséptica, para poder conocer las cantidades de producto líquido con los cuales se llenan los tanques y poder corroborar si se llegó a la cantidad de productos envasados deseados y si resulto algún sobrante de producto líquido.

| Día de Semana | Producto | Presentación | Cantidad a producir teórico(Lts) | Producto Obtenido | Sobrante |
|---------------|----------|--------------|----------------------------------|-------------------|----------|
|               |          |              |                                  |                   |          |
|               |          |              |                                  |                   |          |
|               |          |              |                                  |                   |          |
|               |          |              |                                  |                   |          |
|               |          |              |                                  |                   |          |
|               |          |              |                                  |                   |          |
|               |          |              |                                  |                   |          |
|               |          |              |                                  |                   |          |
|               |          |              |                                  |                   |          |
|               |          |              |                                  |                   |          |
|               |          |              |                                  |                   |          |
|               |          |              |                                  |                   |          |
|               |          |              |                                  |                   |          |
|               |          |              |                                  |                   |          |

Tabla 2. Monitoreo de producción de planta aséptica.

Fuente: Elaboración Propia, agosto 2018

**5.4 TABULACIÓN DE DATOS**

Se procedió a tabular los datos recopilados de la cantidad de litros de líquidos de las producciones semanales para determinar el nivel de uso de los tanques de llenado, debido a que no poseen una forma correcta de medir la cantidad de litros deseados, se realiza un estimado de la capacidad que se desea obtener. La producción diaria puede variar dependiendo del departamento de producción dependiendo de la demanda del día, también en las cantidades establecidas toman en cuenta las pérdidas en las tuberías, fugas o problemas en envasado. Las lecturas se organizan por fecha de producción y por presentación elaborada.

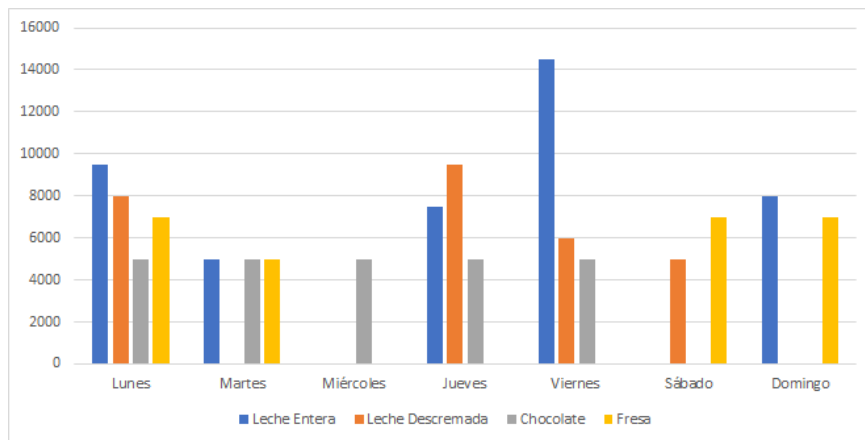


Gráfico 1. Producción de los distintos líquidos semanales en la planta aséptica.

Fuente: Elaboración Propia, agosto 2018

Como se puede observar en la gráfica 1, vemos la demanda y la utilización de los tanques de llenado, son 10 tanques de llenados, los cual 2 son utilizados como almacenadores en caso de que sobre producto debido a que no se lleva una medición correcta de los líquidos. Cabe mencionar que la utilización de los tanques puede ser hasta de 5 tanques por día en uso y dos de almacenamiento, todo dependerá de la demanda del día.

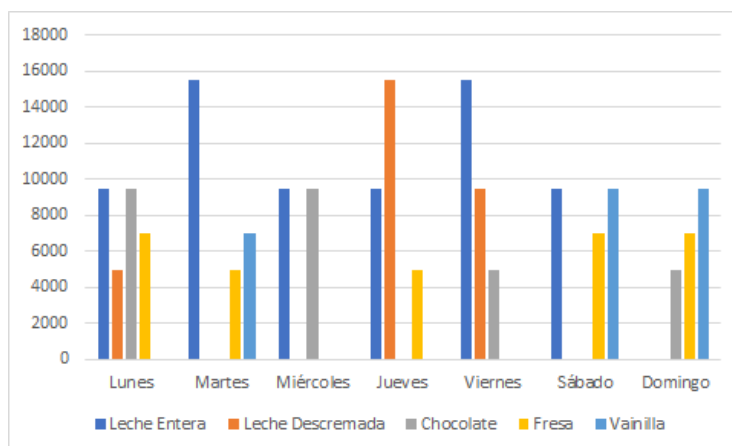


Gráfico 2. Producción de los distintos líquidos semanales en la planta aséptica.

Fuente: Elaboración Propia, septiembre 2018

Como se observa en la gráfica 2, se puede observar que fue una semana con mayor demanda, donde hubo un problema por parte de un operador que se perdieron 9500 litros de leche entera al desagüe, donde se tuvo que reorganizar la producción de leche para los siguientes días.

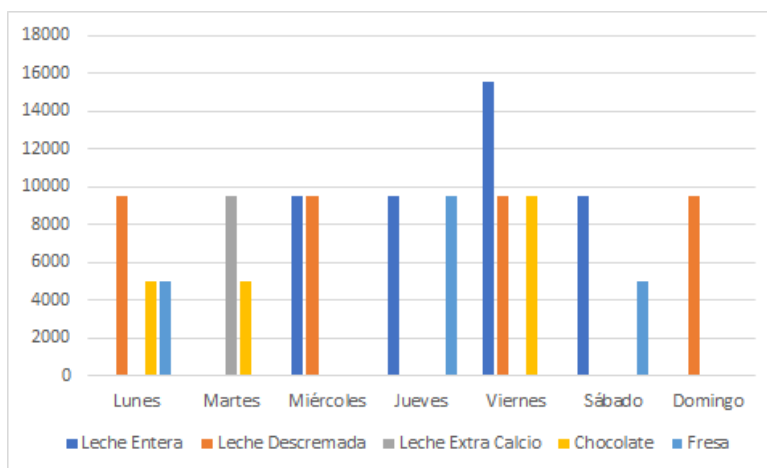


Gráfico 3. Producción de los distintos líquidos semanales en la planta aséptica.

Fuente: Elaboración Propia, septiembre 2018

En el gráfico 3, se observa una semana tranquila de producción con diferencia que se produjo leche extra-calcio que proviene de leche de vaca y se produce bien poca, debido a que se utiliza más para los departamentos de sólidos.

## 5.5 RESULTADOS

Después que se realizó la instalación de los sensores de presión, temperatura y switch de nivel mínimos y máximo, se estima a poder ahorrar producto líquido porque ya se tendrán valores más exactos, debido que el nivel de llenado del tanque los operadores solo lo estiman a donde ellos creen que llegaron al nivel requerido, esto produce que se haga más producto del necesitado o haga falta producto.

Al principio, se estima que habrá un poco de dificultad para adaptarse al nuevo sistema implementado debido a que ahora al llegar al nivel establecido, mandará una señal de alerta y el operador tendrá que detener el ingreso de producto y notificar a los supervisores para la inspección del producto.

Basados en la recopilación de datos, se estima que habrá un gran ahorro en líquidos excedentes debido a que no se contaba con una forma exacta de saber cuántos litros se están preparando para el proceso de UHT, esto proveerá ahorro en materiales de leche en polvo, leche cruda, azúcar, grasa, proteína y entre otros.

## 5.6 PRESUPUESTO

El presupuesto de este proyecto está compuesto principalmente por los componentes eléctricos de medición, controlador y pantalla, cabe mencionar que el resto de los componentes necesarios para el proyecto, la empresa ya cuenta con varios de ellos en el inventario debido a que siempre se están realizando modificaciones a los sistemas automatizados.

| Item   | Cantidad | Precio Unitario | Precio Total   |
|--|----------|-----------------|----------------|
| Controlador Allen Bradley CompactLogix L27ERM QBFC1B | 1        | HNL 19,600.00   | HNL 19,600.00  |
| Pantalla HMI PanelView Plus                          | 1        | HNL 40,200.00   | HNL 40,200.00  |
| Sensor de Presion Deltapilot S FMB70                 | 4        | HNL 37,706.00   | HNL 150,824.00 |
| Sensor de Limite Liquiphant FTL33                    | 8        | HNL 10,200.00   | HNL 81,600.00  |
| Sensor de Temperatura EasyTemp TMR35                 | 4        | HNL 5,496.00    | HNL 21,984.00  |
| Modulo Point I/O                                     | 1        | HNL 6,800.00    | HNL 6,800.00   |
| Contratacion para la Instalacion de Sensores         | 1        | HNL 36,000.00   | HNL 36,000.00  |
| Total  |          |                 | HNL 357,008.00 |

Tabla 3. Presupuesto para la elaboración de automatización de los tanques de llenado

Fuente: Elaboración Propia, agosto 2018

## **5.7 RESULTADOS GENERALES**

Para la selección de los instrumentos de medición, se basó en las propiedades del líquido (leche), como la formación de espuma, separación de leche y su densidad, también la relación con la empresa Endress Hauser debido a que ellos proveen equipo de acero inoxidable alimenticio para las distintas maquinarias que posee la empresa.

El controlador, ya se contaba con él en inventario y por su alta capacidad de poder controlar distintos módulos locales y remotos. El equipo de comunicación remoto fue seleccionado pensando en la marca del controlador y versión para que fuera posible la comunicación.



## **VI. CONCLUSIONES**

La conclusión es la premisa final de un razonamiento, cuya validez se desprende de las premisas anteriores. Una conclusión puede ser verdadera incluso si sus premisas no lo son, de manera que una conclusión válida no hace válidos también los pasos dados para llegar a ella (Enciclopedia Argentina, 2018).

- Se determinaron los sensores basados en las propiedades de los líquidos y las condiciones que estarán en los tanques de llenado.
- Se estableció el sistema de comunicación de módulos remotos para la distancia entre los tanques y se decidieron módulos que recibirán las señales análogas y digitales.
- Se decidió la ubicación y contratación de equipo especial para la instalación de los sensores.
- Se analizó y estableció el acoplamiento de los viejos accionamientos con el nuevo equipo de automatización.

## **VII. RECOMENDACIONES**

En el presente capítulo se enumeran las recomendaciones para mejora realizadas a la empresa y a la universidad.

### **7.1 Para la universidad**

Fue una grata experiencia todas las clases, pero una de mis recomendaciones seria tener un poco más de horas de clases e incluir laboratorios técnicos fuera de las horas de clases, incluir más visitas técnicas a empresas que pueden dar una mayor visión de la industria y tener mayores asociaciones con empresas que permite que los estudiantes puedan involucrarse.

Sugiriendo que mejoren los laboratorios de Máquinas Herramientas, Electrónica y Mecatrónica, que este un verdadero encargado que pueda brindar apoyo y soporte a los estudiantes.

### **7.2 Para la empresa**

La empresa Lacthosa muy agradecido por la oportunidad, por su trato especial a los practicantes, mis recomendaciones serian tener mayor supervisión sobre los operadores para evitar posibles errores que causen paros innecesarios, actualizar sus diagramas de distribución de energía eléctrica, agua, vapor, soda y peróxido.

Mejorar su sistema de inventarios, manejo de repuestos, papeleo para sacar inventario y también mejorar su taller debido a que los técnicos no poseen todas las herramientas para poder resolver problemas de forma más eficiente.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Barcell, M. (2006). *Redes de Datos* (1st ed.). España.
- Barchiesi, J. (2008). *Introducción al Procesamiento Digital de Señales*. Chile.
- Corona, L., Abarca, G., & Carreño, J. (2014). *Sensores y Actuadores*.
- Cortes, M., & Iglesias, M. (2004). *Generalidades sobre Metodología de la Investigación* (Primera). México.
- Daneri, P. A. (2008). *PLC: automatización y control industrial* (1st ed.). Buenos Aires, ARGENTINA: Editorial Hispano Americana HASA. Retrieved from <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=3183744>
- Díaz, A. (2003). *Introducción a la Programación* (Primera). México.
- FAO. (2011). *Leche y Productos Lácteos* (2nd ed.). Roome.
- Farre Rovira, R. (2015). *La leche y los productos lácteos: fuentes dietéticas de Calcio* (Vols. 1–31). Madrid, España.
- Heer, G. (2007). *Microbiología de la Leche*. Argentina.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación* (Quinta). México.
- Hernández Sampieri, R. (n.d.). *Metodología de la Investigación* (Sexta). México.
- Hopcroft, J., & Ullman, J. (2008). *Introducción a la teoría de autómatas, lenguajes y computación*. España.
- Lugo, J. G. C., Ybarra, J. J. P., & Romero, E. (2005). *Metodología para realizar una automatización utilizando PLC*. Impulso, 18.
- Mahaut, M. (2003). *Productos Lácteos Industriales*. España.
- Martínez, L., Yuste, R., & Guerrero, V. (2009). *Comunicaciones Industriales*. España.
- Mciver, A., & Flynn, I. (2011). *Sistemas Operativos* (6th ed.). México: Cengage Learning Editores. Retrieved from <https://bibliotecavirtual.cengage.com/books/282-sistemas-operativos>
- Miyara, F. (2004). *CONVERSORES D/A Y A/D* (2nd ed.). Argentina.
- Moreno, M. (n.d.). *Automación Micromecánica s.a.i.c*, 84.

Mott, R. L. (2006). *Mecánica de Fluidos (Sexta Edición)*. México.

Ogata, K. (2010). *Ingeniería de Control Moderna (5th ed.)*. España: Pearson Educación. Retrieved from <https://www.biblionline.pearson.com/Pages/BookDetail.aspx?b=909>

Oliva, N. (2008). *Redes de comunicaciones Industriales*. España.

Osorio, L. F. (2003). *Módulo de Procesamiento y Comercialización de Lácteos (1st ed.)*. Tegucigalpa, Honduras.

Picquart, M., & Morales, I. (2017). *De la temperatura y su medición (1st ed., Vol. 11)*. México.

Prevosto, L., & Mancielli, B. (2002). *Mediciones Físicas*. Argentina.

Rodríguez Penin, A. (2013). *Sistemas SCADA*. México.

Ruiz-Tapiador, T. (2014). *Robots para automatizar las industrias*. Cinco Días; Madrid. Retrieved from <https://search.proquest.com/docview/1545712735/abstract/97848F47D60248C8PQ/7>

Siemens. (2010). *Automatización Industrial*. España.

Silva, C., Mandado, E., & Acevedo, J. (2009). *Autómatas programables y sistemas de automatización*. España.

## IX. ANEXOS



25-oct-2017  
11:36:45AM

Ofi-Bodegas Premier Warehouse Complex, 100 mts antes del Peaje a La Lima. Edificio PWC-14-B, San Pedro Sula, Honduras, C. A.

Oficina: +504 2559-4748 al 50 | Fax: +504 2559-4740

Cotización No. 0013817 - V. 1

Fecha de Cotización: 25/oct/2017

INSTRUMENTOS

|                           |                                   |                         |  |
|---------------------------|-----------------------------------|-------------------------|--|
| <b>No Cotización:</b>     | 13817                             | <b>Fecha Entrega :</b>  | 01/dic/2017  |
| <b>Cliente:</b>           | LACTEOS DE HONDURAS, S.A. DE C.V. | <b>Lugar Entrega:</b>   | BOULEVARD DEL NORTE, CARRETERA A PUERTO CORTES, BARRIO BERMEJO, SAN PEDRO SULA, CORTES, HONDURAS |
| <b>Atención A:</b>        | CLARISA MURILLO                   | <b>Persona Recibe :</b> | BODEGA LACTHOSA  |
| <b>Forma de Pago:</b>     | Crédito 30 Días                   |                         |  |
| <b>Tiempo de Entrega:</b> | APROX 5-6 SEMANAS                 |                         |  |

| Cantidad | Imagen | Código | Descripción   | Peso | Precio U. sin IVA | Total sin IVA  |
|----------|--------|--------|---|------|-------------------|----------------|
| 14.00    |        |        | CAT FTL33-3453/0 Liquiphant FTL33<br>Approval: AA Non-hazardous area<br>Power Supply; Output: 4 10-30VDC; 3-wire PNP<br>Electrical Connection: V Valve plug ISO4400 NPT1/2, IP65<br>NEMA Type 4X Encl.<br>Sensor Design: 2 Max. process temperature 100oC/212oF<br>Sensor Type: AC Compact version 316L Ra<0.76um/30uin<br>Process Connection: 5ZJ Flush mount, 316L, w/o slotted-nut<br>install > accessory weld-in adap   |      | Lps. 10200.00     | Lps. 142800.00 |
| 4.00     |        |        | CAT FMB70-7M33/0 Deltapilot S FMB70<br>Approval: A Non-hazardous area<br>Output, Operating: B 4-20mA HART; inside + LCD<br>Housing; Cover Sealing; Cable Entry: S T17 316L hyg.<br>IP66/68 NEMA6P; EPDM; G1/2 thread, T17 = side cover, hygiene<br>Sensor Range; Sensor Overload Limit: 1M<br>4bar/400kPa/60psi/40mH2O/1600inH2O<br>24bar/2.4MPa/350psi/240mH2O/9500inH2O<br>Calibration; Unit: A Sensor range; %<br>Membrane Material; Seal: 2 AlloyC276; welded<br>Process Connection: 00 Universal adapter 44mm 316L, 3A,<br>EHEDG, incl. silicone shape seal<br>Fill Fluid: C Synthetic oil (FDA)<br>Additional Option 1: A Not selected<br>Additional Option 2: A Not selected |      | Lps. 37706.00     | Lps. 150824.00 |
| 8.00     |        |        | CAT TMR35-A1AAADAB1AAA Easytemp TMR35, compact<br>thermometer<br>Approval: A Non-hazardous area<br>Electrical Connection: 1 Plug M12, IP66/67/IP69K<br>Output; Measuring Range: A 4-20mA; 0...100oC<br>(32...212oF)<br>Neck: A W/o<br>Process Connection: AD G1", 14404/316L, 3A, for (FTL50)<br>Liquiphant M weld-in adapter<br>Insertion Length L; Diam. D; Thermowell: AB 50 50 mm (1.97");<br>6mm (0.25"); w/o<br>Material; Surface Roughness: 1 316L; Ra <= 0.76um<br>(30uinch)<br>Material certificate: A w/o<br>Calibration: A W/o<br>Version: A Standard  |      | Lps. 5496.00      | Lps. 43968.00  |

Ilustración 18. Cotización de los sensores de presión, temperatura y de nivel.

Fuente: Intek, diciembre 2017



Ilustración 19. Instalación de los sensores de presión, temperatura y de nivel en parte inferior de tanques ya automatizados

Fuente: Elaboración Propia, septiembre 2018



Ilustración 20. Instalación de los sensores de nivel máximo

Fuente: Elaboración Propia, septiembre 2018

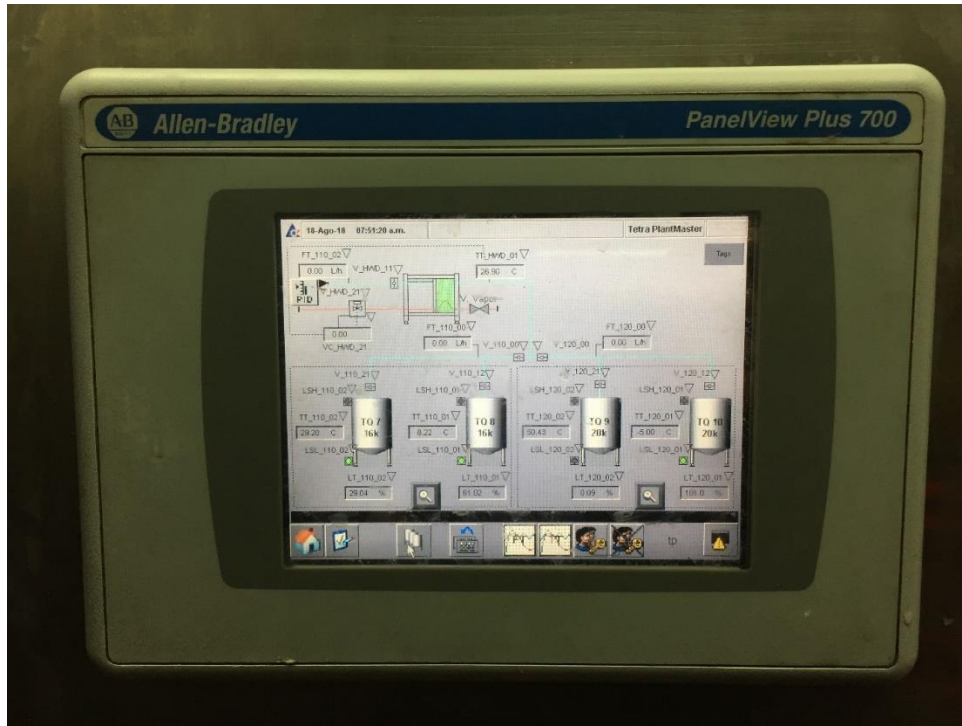


Ilustración 21. Pantalla HMI de tanques de llenado ya automatizados

Fuente: Elaboración Propia, septiembre 2018



Ilustración 22. Módulo remoto Point con sus E/S analógicas y digitales

Fuente: Elaboración Propia, septiembre 2018

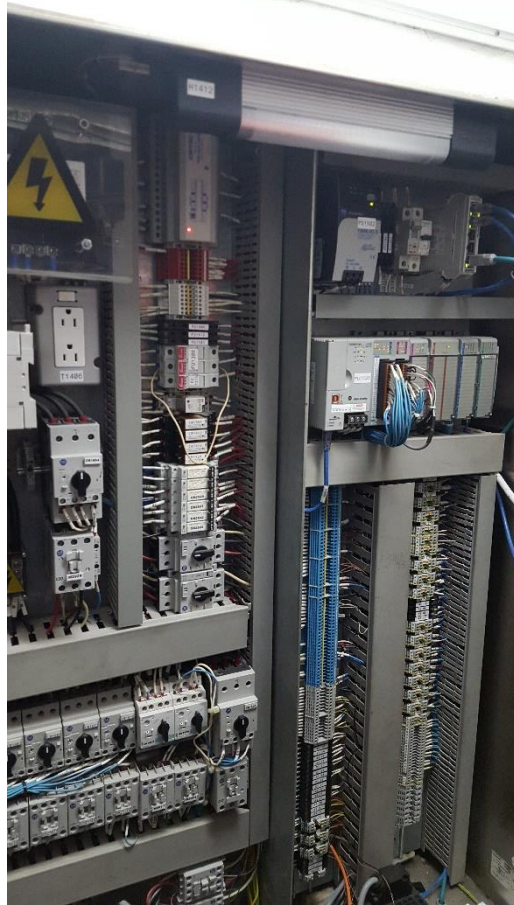


Ilustración 23. Panel con sus respectivas instalaciones y acoplamiento de los actuadores y sensores

Fuente: Elaboración Propia, septiembre 2018



|                           |                                   |                         |  |
|---------------------------|-----------------------------------|-------------------------|--|
| <b>No Cotización:</b>     | 14382                             | <b>Fecha Entrega :</b>  | 18/ene/2018  |
| <b>Cliente:</b>           | LACTEOS DE HONDURAS, S.A. DE C.V. | <b>Lugar Entrega:</b>   | BOULEVARD DEL NORTE, CARRETERA A PUERTO CORTES, BARRIO BERMEJO, SAN PEDRO SULA, CORTES, HONDURAS |
| <b>Atención A:</b>        | CLARISA MURILLO                   | <b>Persona Recibe :</b> | bodega   |
| <b>Forma de Pago:</b>     | Crédito 30 Días                   |                         |  |
| <b>Tiempo de Entrega:</b> | aprox 4 semanas                   |                         |  |

| Cantidad | Imagen | Código     | Descripción   | Peso | Precio U. sin IVA | Total sin IVA |
|----------|--------|------------|---|------|-------------------|---------------|
| 2.00     |        | 2711RT7T   | PANTALLA PANELVIEW800, 7", PANTALLA A COLORES, TOUCH SCREEN TFT, COMUNICACIÓN SERIAL Y ETHERNET |      | Lps. 20100.00     | Lps. 40200.00 |
| 1.00     |        | 1763L16BWA | CONTROLADOR ML1100, 120/240VAC, 10 DI 24VDC / 6 DO RELE   |      | Lps. 17600.00     | Lps. 17600.00 |

|                         |                             |                          |  |
|-------------------------|-----------------------------|--------------------------|--|
| <b>Unidades Totales</b> | <b>Lineas en Cotización</b> | <b>Peso Total en KG.</b> |  |
| 3.00                    | 2                           | 0.00                     |  |

|                          |                |
|--------------------------|----------------|
| <b>SubTotal:</b>         | 57800.00       |
| <b>I.V.A.:</b>           | 0.00           |
| <b>Total Cotización:</b> | Lps. 57,800.00 |

CINCUENTA Y SIETE MIL OCHOCIENTOS LEMPIRAS CON 00/100

Los precios, se entienden netos del equipo puesto en bodega INTEK, 15.00% de I.S.V. NO incluido, pagaderos en su equivalente en Lempiras según el tipo de cambio Bancario de referencia para la venta, del día en que sean realizados los pagos. "NO ESTAMOS SUJETOS A RETENCION ISR"

VALIDEZ DE OFERTA: 30 DIAS.

Los precios no incluyen la instalación ni la puesta en marcha de los equipos objeto de la presente cotización. De requerir estos servicios, los mismos deberán ser objeto de una nueva cotización y contratados por separado. Se incluye sin embargo, asistencia requerida para que estos trabajos puedan ser desarrollados por el cliente.

Ilustración 24. Cotización de pantalla HMI y Controlador

Fuente: Elaboración Propia, septiembre 2018