

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA:  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:  
INGENIEROS ELECTRÓNICOS**

**TEMA:  
DESARROLLO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL LAVADO Y  
REFRIGERACIÓN DE UN TANQUE DE LECHE PARA LA HACIENDA  
SAN AGUSTÍN**

**AUTORES:  
ADRIAN MARCELO BRITO ZAPATA  
RONNARD SANTIAGO GUACHAMIN TIBANTA**

**TUTORA:  
LUISA FERNANDA SOTOMAYOR REINOSO**

**Quito, octubre del 2017**

## DECLARACIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros Ronald Santiago Guachamin Tibanta y Adrian Marcelo Brito Zapata, con documento de identificación N° 1726032277 y N° 1717256216 respectivamente, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación intitulado: “Desarrollo de un Sistema Automatizado para el Lavado y Refrigeración de un Tanque de Leche para la Hacienda San Agustín”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieros Electrónicos, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Adrian Marcelo Brito Zapata

Cédula: 1717256216



Ronald Santiago Guachamin Tibanta

Cédula: 1726032277

Fecha: octubre 2017

## DECLARACIÓN DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el proyecto técnico, Desarrollo de un sistema automatizado para el lavado y refrigeración de un tanque de leche para la hacienda San Agustín, realizado por Adrián Marcelo Brito Zapata y Ronald Santiago Guachamin Tibanta, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerado como trabajo final de titulación.

Quito, octubre 2017



Ing. Luisa Fernanda Sotomayor Reinoso

Cédula de identidad: 1710953967

## **DEDICATORIA**

Dedicamos el presente proyecto a nuestras familias por todo el apoyo que nos brindaron durante la realización de este proceso en especial a nuestros padres quienes fueron una guía y una gran ayuda durante todo el transcurso del proyecto.

De igual manera dedicamos este proyecto a nuestra tutora, quien nos facilitó su asesoría para la realización del presente proyecto.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos al Ing. Bolívar Peña propietario de la hacienda San Agustín por brindarnos su confianza y permitirnos realizar el presente proyecto en su propiedad.

También agradecemos a nuestra tutora de proyecto de titulación, la Ing. Luisa Fernanda Sotomayor Reinoso por su asesoría durante la realización del proyecto técnico; también su guía durante la corrección de detalles, aclaramiento de dudas y sugerencias brindadas para el apropiado desarrollo del proyecto de titulación.

Finalmente, a todos aquellos que participaron directa o indirectamente en la elaboración del presente proyecto técnico.

¡Gracias a ustedes!

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	ii
DECLARACIÓN DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT .....	xvi
INTRODUCCIÓN .....	xvii
CAPÍTULO 1 .....	1
ANTECEDENTES.....	1
1.1 Problema de estudio .....	1
1.2 Justificación.....	1
1.3 Objetivos .....	2
1.3.1 Objetivo General .....	2
1.3.2 Objetivos Específicos.....	2
1.4 Metodología .....	3
1.5 Beneficiarios .....	3
CAPÍTULO 2 .....	4
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	4
2.1 Hacienda San agustín .....	4
2.2 Haciendas lecheras .....	5
2.3 Proceso completo de la hacienda lechera San Agustín .....	6
2.4 Procesos de ejecución en el tanque .....	6

2.5 Almacenamiento de tanques de leche .....	7
2.5.1 Tanque de almacenamiento vertical.....	7
2.5.2 Tanque de almacenamiento horizontal.....	7
2.5.3 Tanque de pulmón.....	8
2.6 Elementos de control en los tanques de almacenamiento .....	9
2.6.1 Sistemas de agitación .....	9
2.6.2 Sensor de nivel .....	10
2.6.3 Equipo frigorífico.....	10
2.7 Caracterización del tanque para leche de la hacienda San Agustín. ....	10
2.7.1 Moto-reductor RB 0. 15E.T .....	10
2.7.2 Bomba bluffton .....	11
2.7.3 Bomba peristáltica.....	12
2.7.4 Electroválvula 110 Vac .....	12
2.7.5 Placa de control.....	12
2.7.6 PLC unitronic V200-18-E1B .....	13
2.7.7 Tanque para leche .....	13
CAPÍTULO 3 .....	15
DISEÑO DEL PROYECTO .....	15
3.1 Refrigeración de la leche.....	15
3.1.1 Temperatura de conservación .....	15
3.1.2 Duración de almacenamiento.....	16
3.1.3 Contaminación inicial .....	16
3.1.4 Velocidad de enfriamiento .....	17

3.2	Requerimientos para el sistema de lavado .....	17
3.2.1	Lavado simple .....	17
3.2.2	Lavado completo.....	18
3.2.3	Lavado sanitizado.....	18
3.3	Ubicación de dispositivos de funcionamiento en el tanque para leche .....	18
3.4	Diseño de pantallas en el HMI .....	18
3.4.1	HMI pantalla principal .....	20
3.4.2	Pantalla para el inicio de lavados automáticos.....	20
3.4.3	Pantalla para ingreso de clave .....	20
3.4.4	Configuración de parámetros .....	22
3.4.5	Configuración de parámetros de enfriador.....	22
3.4.6	Pantalla para la configuración de parámetros para lavado (enjuague 1)...	22
3.4.7	Pantalla para la configuración de parámetros para lavado (enjuague 2)...	23
3.4.8	Pantalla para la configuración de parámetros para lavado 1 .....	23
3.4.9	Pantalla para la configuración de parámetros para lavado 2.....	24
3.4.10	Pantalla para la configuración de parámetros para lavado (enjuague 3).	25
3.4.11	Pantalla para la configuración de las bombas peristálticas .....	25
3.4.12	Pantalla para la configuración para tabla de litros. ....	25
3.4.12	Litros de leche actuales en el tanque.....	26
3.5	Diseño de conexiones eléctricas para el PLC .....	26
3.5.1	Controlador lógico programable .....	27
3.5.2	PLC Xinje XC3-24 RT-E.....	27
3.5.3	Diseño de conexiones eléctricas para el PLC .....	28



3.5.3 Diagrama de procesos para lavado automático.....	30
CAPÍTULO 4.....	32
IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS.....	32
4.1 TouchWin TG 465-ET.....	32
4.1.1 Dimensiones del HMI.....	33
4.2 Pantallas de funcionamiento del HMI.....	34
4.2.1 Pantalla de bienvenida.....	34
4.2.2 Pantalla principal.....	35
4.2.3 Menú de operaciones.....	35
4.2.4 Pantalla de parámetros.....	35
4.2.5 Parámetro de configuración de enjuague para lavados.....	36
4.2.6 Configuración para el lavado.....	36
4.2.7 Pantalla para selección de lavados.....	37
4.2.8 Pantalla para los ajustes de usuario.....	37
4.3 Desarrollo del software para el PLC.....	38
4.3.1 XCP-Pro Configuraciones de inicio.....	39
4.3.2 Barra de herramientas XCP-Pro.....	39
4.4 Programación del sistema.....	40
4.5 Implementación física.....	43
4.5.1 Sistema de encendido y apagado.....	43
4.5.2 Implementación y pruebas del HMI.....	45
4.6 Sistema antiguo y sistema actual.....	46
4.6.1 Recursos utilizados.....	46

CONCLUSIONES .....	52
RECOMENDACIONES .....	53
REFERENCIAS .....	54
ANEXOS.....	57

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Ubicación hacienda San Agustín .....	4
Figura 2.2 Procesos de ordeño .....	6
Figura 2.3 Procesos en el tanque.....	7
Figura 2.4 Tanques verticales .....	8
Figura 2.5 Tanque horizontal .....	8
Figura 2.6 Tanques de pulmón.....	9
Figura 2.7 Posición de las paletas para el agitador del tanque.....	9
Figura 2.8 Moto-reductor del tanque de leche de la hacienda San Agustín.....	11
Figura 2.9 Bomba bluffton del tanque de leche de la hacienda San Agustín.....	11
Figura 2.10 Ubicación de la bomba Bluffton en el tanque .....	12
Figura 2.11 Ubicación de las electroválvulas .....	13
Figura 2.12 Ubicación de las placas de control.....	13
Figura 2.13 Ubicación del PLC unitronic en el tanque .....	14
Figura 2.14 Tanque de leche ubicado en la hacienda San Agustín .....	14
Figura 3.1 Curva de temperatura de la leche para dos ordeños en diferente hora. ....	16
Figura 3.2 Ubicación de dispositivos de activación para el lavado automático.....	19
Figura 3.3 Pantalla principal del HMI.....	20
Figura 3.4 Pantalla de selección de lavados.....	21
Figura 3.5 Pantalla para configuración de usuario.....	21
Figura 3.6 Pantalla para ingreso de contraseña .....	21
Figura 3.7 Pantalla de ingreso a parámetros de configuración .....	22
Figura 3.8 Parámetros de enfriador.....	23

Figura 3.9 Configuración de parámetros de enjuague 1. ....	23
Figura 3.10 Configuración de parámetros para enjuague dos.....	24
Figura 3.11 Pantalla de parámetros para lavado 1 .....	24
Figura 3.12 Pantalla de configuración para lavado 2.....	24
Figura 3.13 Pantalla de configuración para el enjuague 3 .....	25
Figura 3.14 Pantalla de configuración para las bombas peristálticas.....	26
Figura 3.15 Pantalla para tabla de relación de medidas en el tanque de leche .....	26
Figura 3.16 Pantalla para litros de medición.....	27
Figura 3.17 PLC Xinje XC3-24RT-E .....	27
Figura 3.18 Diagrama de conexiones para el PLC.....	29
Figura 3.19 Procesos de lavado sanitizado .....	30
Figura 3.20 Procesos de lavado automático .....	31
Figura 4.1 Dimensiones de la pantalla HMI .....	33
Figura 4.2 Hardware de la pantalla HMI .....	34
Figura 4.3 Pantalla de inicio del sistema HMI. ....	34
Figura 4.4 Pantalla principal del HMI.....	35
Figura 4.5 Pantalla de menú de operaciones. ....	36
Figura 4.6 Pantalla de parámetros del sistema .....	36
Figura 4.7 Pantalla de configuración de enjuagues.....	37
Figura 4.8 Pantalla de configuración de tiempos de lavado.....	37
Figura 4.9 Opciones de lavados. ....	38
Figura 4.10 Pantalla de configuraciones de usuario.....	38
Figura 4.11 XCP-Pro.....	38

Figura 4.12 Nuevo proyecto XCP Pro .....	39
Figura 4.13 Selección de PLC.....	39
Figura 4.14 Ventana de configuraciones para comunicación PLC - PC.....	40
Figura 4.15 Barra de herramientas para carga al PLC .....	40
Figura 4.16 Barra de herramientas para programación.....	41
Figura 4.17 Ingreso de temperatura para el control .....	43
Figura 4.18 Conexiones de relés para control de encendido.....	44
Figura 4.19 Placa de relés .....	44
Figura 4.20 Conexión de fuente y placas .....	44
Figura 4.21 Conexión eléctrica de HMI al PLC .....	45
Figura 4.22 Conexiones físicas PLC y HMI .....	45
Figura 4.23 Inicio de sistema de enfriamiento. ....	46
Figura 4.24 Gráfica de consumo de agua con el sistema antiguo y el sistema actual. .....	50
Figura 4.25 Porcentaje de ahorro de agua .....	50
Figura 4.26 Mejoramiento de recursos humanos .....	51

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Incremento bacteriano por temperatura. ....	15
Tabla 3.2 Generación bacteriana en equipos de ordeño limpios y poco limpios. ....	17
Tabla 3.3 Características PLC Xinje XC3-24RT-E .....	28
Tabla 3.4 Conexiones del PLC.....	28
Tabla 4.1 Características Touchwin TG 465-ET .....	33
Tabla 4.2 Memorias asignadas para el lavado sanitizado .....	41
Tabla 4.3 Memorias asignadas para la salida de cada lavado .....	42
Tabla 4.4 Memorias asignadas para el lavado completo.....	42
Tabla 4.5 Consumo de sistema antiguo para lavado sanitizado.....	46
Tabla 4.6 Consumo de sistema antiguo para lavado simple .....	47
Tabla 4.7 Consumo de sistema antiguo para lavado completo .....	47
Tabla 4.8 Consumo actual para el lavado sanitizado. ....	48
Tabla 4.9 Consumo de agua actual para el lavado simple .....	48
Tabla 4.10 Consumo de agua actual para el lavado completo .....	49
Tabla 4.11 Consumo antiguo y actual de agua .....	49
Tabla 4.12 Horas de uso de recursos humanos .....	50

## RESUMEN

El presente proyecto técnico se desarrolló en la hacienda San Agustín, ubicada en Aloag, en el área de almacenamiento de leche, con la finalidad de optimizar los procesos de lavado y refrigeración en un tanque para leche, mismo que permite eliminar bacterias y el ahorro de recursos. Para obtener dicho resultado se automatizaron procesos por medio de un PLC y HMI, que permiten el control y supervisión de los procesos en el tanque, tales como: tipo de lavado a ejecutar en el tanque, indicadores de nivel, temperatura y control de enfriamiento de leche, esto representa una ventaja frente a un lavado manual, debido a que la dosificación de los químicos es la adecuada, permite manejar desde una pantalla la configuración de todo el sistema para un funcionamiento automático; los sensores de nivel y temperatura, envían sus lecturas hacia el controlador, mismo que toma decisiones para posteriormente ejecutar el programa de enfriado y mantener la leche a una temperatura entre 2 y 4<sup>0</sup>C, el tipo de lavado es seleccionado desde una pantalla HMI, este envía un dato de selección hacia una memoria del PLC, el cual escoge el tipo de lavado y ejecuta el proceso, según el ingreso de los parámetros de configuración que se realiza de manera previa.

## **ABSTRACT**

The present technical project was developed in the San Agustín farm, located in Aloag, in the area of milk storage, with the purpose of optimizing the washing and cooling processes in a milk tank, it allows to eliminate germs and save resources. To obtain this result the processes was automated by means of a PLC and HMI, it allow the control and supervision of the processes in the tank, such as: type of washing to be performed in the tank, level indicators, temperature and cooling control of milk, this represents an advantage over a manual washing, because the dosage of the chemical would be adequate, it allows to handle from a screen the configuration of the whole system for an automatic operation; the level and temperature sensors send its readings to the controller, it makes decisions to later run the cooling program and maintain the milk at a temperature between 2 and 4<sup>0</sup>C, the type of washing is selected from the HMI screen, this sends a selection data to a memory of the PLC, it chooses the type of washing and executes the process, according to the input of the configuration parameters that is made previously.



## INTRODUCCIÓN

En el proceso de enfriamiento de la leche desde el ordeño hasta la distribución en vehículos apropiados, el lavado y almacenamiento es un factor de gran importancia para que el producto tenga la cantidad de bacterias mínimas para ser aceptado sin penalizaciones en el precio de venta, para lograr este objetivo el presente proyecto de titulación se lo ha dividido capitularmente de la siguiente manera.

En el capítulo uno se describe el problema de estudio, su justificación, objetivos y metodología que son la base para el presente proyecto.

En el capítulo dos se desarrolla el marco teórico de este proyecto; inicialmente se conocerá a la hacienda San Agustín y el proceso para la obtención de leche desde su ordeño hasta la distribución, se realiza la caracterización del sistema de lavado del tanque con diagramas y planos descriptibles.

En el capítulo tres se diseña el nuevo sistema para el lavado y desinfección del tanque de enfriamiento y almacenamiento para leche, aquí se presentan los diagramas de flujo del proceso de lavado, requerimientos para el funcionamiento del sistema de lavado, el cual se lo debe realizar 2 veces al día.

En el capítulo cuatro, con los diseños realizados en el capítulo tres se procede a la implementación de los sensores, actuadores y la programación del PLC y HMI, se realiza las pruebas y resultados de cada sistema implementado, eléctrico, electrónico, PLC y HMI del proceso completo.

# CAPÍTULO 1

## ANTECEDENTES

En este capítulo se describe el problema de estudio, justificación, objetivos a cumplir del proyecto, la metodología del proyecto, así como también los beneficiarios en el proyecto.

### 1.1 Problema de estudio

Aloag es una parroquia en la que existen varias haciendas que se dedican a diferentes actividades como: agricultura, ganadería y actividades de comercio como el ordeño y venta de leche. Machachi y Aloag proveen de leche a las pasteurizadoras, la cual debe cumplir estándares de calidad estrictos para que pueda ser recibida. Dentro de este proceso es de suma importancia mantener los tanques de almacenamiento sin bacterias ni residuos contaminantes para el producto.

La dosificación adecuada de los agentes químicos que se suministran para el lavado del tanque y el control de la temperatura, para mantener fría la leche, permite la eliminación de agentes bacterianos perjudiciales para el consumo y la penalización en el precio de venta. La hacienda San Agustín en este momento no cuenta con un sistema automatizado para el lavado del tanque de leche, debido a que el sistema anterior se volvió obsoleto e inoperativo, motivo por el cual este proceso se lo realiza de forma manual ocasionando que el tiempo empleado para el lavado del tanque de leche sea mayor, de esta manera dicho proceso manual no es el adecuado para la eliminación de las bacterias y el almacenamiento de la leche, esto implica un incremento de costo en consumo de agua al no contar con un control de nivel de llenado de agua exacto y un desperdicio en el uso de los agentes químicos al suministrarlos en cantidades aleatorias durante el proceso manual.

### 1.2 Justificación

Al no contar con un sistema automático de lavado y refrigeración el tanque recolector de leche, los componentes de lavado empiezan a desperdiciarse como es el caso del agua y el químico, los procesos de limpieza del tanque se vuelve una tarea demasiado pesada, que toma mucho tiempo, el lavado manual en muchas de las ocasiones requiere más de un operador para realizarlo, lo que implica que se abandone actividades de

mantenimiento de la hacienda durante el tiempo en el que se encuentran lavando el tanque, lo que ocasiona el descuido en los corrales de las vacas y la alimentación que se suministra.

El lavado del tanque de leche se realiza en la mañana por lo que se debe cuidar la salud del operador y evitar que este adquiera alguna enfermedad por contacto con el agua fría según lo manifestó el Ingeniero Bolívar Peña (Propietario de la hacienda).

Al automatizar el sistema de lavado y refrigeración del tanque de leche, se optimizan los recursos, se reducen agentes bacterianos obteniendo un producto de calidad, manteniendo la leche a temperatura entre 2 y 4 °C según la norma NTE INEN 009 evitamos penalizaciones económicas en el precio de venta.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Diseñar e implementar un sistema automatizado para el lavado y refrigeración de un tanque de leche para la hacienda San Agustín utilizando un PLC y un HMI.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Caracterizar el tanque de leche para la colocación de los sensores y actuadores en las posiciones correctas.
- Diseñar el sistema de control de lavado en un tanque de leche utilizando un PLC y una interfaz HMI.
- Implementar el sistema de lavado en el tanque de leche mediante la dosificación de los agentes químicos y el control de la temperatura de enfriamiento utilizando una interfaz gráfica HMI en un panel de control.
- Evaluar con pruebas de funcionamiento del sistema de lavado y enfriamiento de la temperatura durante la jornada de trabajo.

## **1.4 Metodología**

Para el desarrollo del proyecto se realiza un análisis de los requerimientos como se muestra en el Anexo 11 donde detalla la activación de los dispositivos para el proceso de lavado, facilitados por el Ing. Bolívar Peña, para el correcto diseño del algoritmo en el PLC como controlador del sistema y una pantalla HMI que cuenta con indicadores del proceso que se encuentra ejecutando, para el diseño adecuado del proyecto se ha tomado en consideración algunos puntos importantes que se detallan a continuación:

- Caracterización del tanque de leche que posee la hacienda San Agustín, para ver el estado actual de los componentes que se incluyen y realizar el mantenimiento previo de los sensores y actuadores que se activan en los procesos del tanque.
- Con las características obtenidas de cada componente, se diseña el sistema automatizado para el tanque, se usa un PLC que controlará el encendido del sistema de enfriamiento y la activación de las electroválvulas para los ciclos de lavado.
- En una pantalla HMI, se diseñará los objetos gráficos para el monitoreo, lectura de la variable de temperatura del tanque, nivel de llenado, ciclo de lavado e indicadores de los procesos activos en el tanque.
- Adquisición de los equipos para automatización de acuerdo con los requerimientos y diseños de ingeniería realizados para el PLC y el HMI.
- Instalación de los equipos en el tablero de control del tanque.
- Inicio de las pruebas de funcionamiento del sistema de lavado y enfriamiento del tanque de leche registrando los datos necesarios durante su operación.

## **1.5 Beneficiarios**

Los beneficiarios del presente proyecto son: El Ing. Bolívar Peña gerente propietario y los operarios encargados del mantenimiento del tanque de leche. Con la automatización de este proceso se busca regular el uso de los recursos como el agua y los agentes químicos. Disminuye el tiempo de lavado y la actividad física.

## CAPÍTULO 2

### FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

El presente capítulo contiene información teórica sobre el proceso de almacenamiento de la leche, los sistemas y tipos de lavado dentro del tanque, temperaturas para el almacenamiento del producto, características higiénicas del tanque, normas de manejo para el tratado y venta de leche pura, caracterización de los sistemas que contiene el tanque y actividades a las que se dedica la hacienda San Agustín.

#### 2.1 Hacienda San Agustín

La hacienda San Agustín está ubicada en la provincia de Pichincha, en el sector de Aloag como se muestra en la Figura 2.1, su principal producto de venta es la leche, la cual es distribuida por camiones hacia las pasteurizadoras. Se ordeña diariamente un promedio de 180 a 200 vacas, criadas específicamente para ordeño (cuidado y alimentación), la hacienda produce de 3300 a 3800 litros de leche, la cual es almacenada y refrigerada en tanques hasta su distribución como se aprecia en la entrevista realizada al Ing. Bolívar Peña en el Anexo 1.

Figura 2.1 Ubicación hacienda San Agustín



Ubicación de la hacienda donde se realizó el presente proyecto técnico, Fuente: (*Google Maps, 2017*)

El gerente-propietario de la hacienda es el Ing. Bolívar Peña, quien se encarga de que este proceso sea de calidad y rentable, para esto se ha realizado la implementación de

sistemas automáticos para el ordeño, dentro de la hacienda también se realiza mejoramiento en la genética de las vacas lecheras, para obtener las mejores características de cada raza, como resultado se tiene un incremento en la producción. Ubicándola en una categoría superior al contar con las mejores especies de vacas productoras dentro del mercado del ordeño de leche en Aloag como se aprecia en la entrevista mostrada en el Anexo 1, se detalla el año de implementación de sistemas automáticos en la hacienda y los procesos que realizan.

## **2.2 Haciendas lecheras**

Las haciendas de Ecuador en sus orígenes se especializaron en la crianza de ganado y animales que ayuden con la carga y transporte de suministros. La producción lechera en las haciendas fue tomado como una actividad en segundo plano, por dificultades que se presentaban al momento de transportar la leche y la escasas de vías para su distribución a las grandes ciudades, con el incremento de la población y la ampliación de las zonas pobladas, permite la expansión para los negociantes de leche, creando rutas de comunicación entre las diferentes regiones del país, con estos avances las haciendas empiezan con vocaciones de ganaderos, especializados en la producción de leche. Los primeros procesos industriales se obtuvieron en la zona de Cotopaxi, entregando grandes cantidades de productos lácteos hacia la región costa. El desarrollo de la industria de lácteos impulso a un cambio y mejoramiento de la genética de las vacas para la producción de leche, existía una gran cantidad de haciendas donde la crianza de ganado era muy antigua, las vacas no contaban con buena genética, el total de ordeño se realizaba una vez al día de forma manual. (Barsky, 1984)

El desarrollo lácteo se basaba en un cambio de la genética de vacas lecheras, mejoramientos en la alimentación de las productoras y conocimientos sobre crianza y cuidado de ganado, los dueños de las haciendas se encontraban en constante aprendizaje sobre las razas adecuadas que pudieran adaptarse al clima y altura que se encontraban las haciendas en la región sierra.

El cruce de la genética bobina se basó entre ganados importados y ganado de baja calidad, permitiendo el mejoramiento de la genética y adaptabilidad al clima y altura, esto permitió la rápida expansión de razas de vacas hacia los productores de leche, generando oferta y demanda de leche con mayor calidad. (Barsky, 1984)

### 2.3 Proceso completo de la hacienda lechera San Agustín

Empieza con la alimentación del ganado con balanceado y alimentos orgánicos, llegada la hora del ordeño los trabajadores de la hacienda reúnen a todas las vacas para iniciar su movilización hacia los establos, las vacas son ubicadas en sus respectivos establos previo a su aseo, empiezan a ser formadas una tras otra para el ingreso a la ordeñadora donde se realiza el segundo aseo, asegurando que las ubres se encuentren limpias, Diariamente se ordeñan entre 180 a 200 vacas, el siguiente proceso es acomodar a cada vaca en una estación de succión, empieza la recolección de la leche, durante este proceso la leche es enviada al tanque para el inicio de su almacenamiento, la hacienda cuenta con un tanque de 6600 litros, la Figura 2.2 muestra el ciclo para el ordenamiento de leche descrita en el Anexo 1.

Figura 2.2 Procesos de ordeño



Procesos de ordeño de inicio a final, Elaborador por: Ronnald Guachamin, Adrian Brito.

### 2.4 Procesos de ejecución en el tanque

En el proceso de ordeño las pezoneras automáticas conducen la leche directamente al tanque recolector, con una capacidad de 6600 litros, culminada la recolección empieza el proceso de almacenaje y enfriamiento, la leche permanece a temperaturas bajas mientras una unidad de giro de paletas se encuentra en constante activación, de esta manera la leche permanece en estado líquido evitando su congelamiento, hasta su entrega hacia los camiones recolectores. Los lavados se realizan cuando el tanque se encuentra sin leche, en primer lugar, se realiza un lavado completo que consta de 2 etapas, lavado con químico alcalino y lavado con químico ácido; El lavado de sanitización se realiza en una sola etapa y debe ser iniciado 30 minutos antes de empezado el ordeño a manera de enjuague y preparación para el almacenamiento de la leche, los procesos se observan en la Figura 2.3, los procesos se muestran en la entrevista del Anexo 1.

Figura 2.3 Procesos en el tanque



Procesos que realiza el tanque de leche, Elaborador por: Ronald Guachamin, Adrian Brito.

## 2.5 Almacenamiento de tanques de leche

Los tanques de almacenamiento de leche son construidos con materiales lavables y a la vez no tóxicos como el acero inoxidable, para que se facilite la limpieza y desinfección debe mantenerse en condiciones adecuadas para su mantención. Los tanques de leche por lo general son construidos con esquinas redondeadas para facilitar la limpieza del mismo, los tanques de leche deben contar con capacidad superior a la producción diaria de leche para evitar que la leche rebose (García Hurtado, 2013)

Los tanques de almacenamiento pueden clasificarse en base a su disposición en: tanques verticales, horizontales y de pulmón.

### 2.5.1 Tanque de almacenamiento vertical

Los tanques verticales son utilizados para almacenamiento de cantidades grandes de leche, una camisa permite el enfriamiento del tanque y mantenerla a esa temperatura, estos tanques ayudan a economizar espacio como se aprecia en la Figura 2.4, el tanque puede almacenar más de un ordeño diario, el tanque puede ser ubicado en las instalaciones fuera de la ordeñadora, estos tanques están adecuados con un sistema de saneamiento que ayuda con la dosificación y desinfección del mismo, están equipados con sistemas de control basados en teclas para el funcionamiento automático en el tanque. (Pacovské, 2013)

### 2.5.2 Tanque de almacenamiento horizontal

Son requeridos para almacenar pocas cantidades líquido, construidos con acero inoxidable y al igual que los tanques verticales, cuentan con doble pared con aislamiento térmico para mantener la temperatura interna, en algunos modelos, cuenta



con equipos de refrigeración controlable como se observa en la Figura 2.5. (García Hurtado, 2013)

Figura 2.4 Tanques verticales



Tanques de almacenamiento de posición vertical, Fuente: (Packo, 2017)

Figura 2.5 Tanque horizontal



Tanque de almacenamiento para leche de uso en posición horizontal, Fuente: (García Hurtado, 2013)

### 2.5.3 Tanque de pulmón

Llamados también tanques de almacenamiento intermedio son utilizados para almacenamiento a corto plazo, pueden cumplir con procesos de dosificación para dar paso a la siguiente estación de procesos, puede desviar el contenido del líquido y absorber desviaciones del caudal, obteniendo un caudal constante, en la Figura 2.6 se aprecia la estructura de un tanque de pulmón. (García Hurtado, 2013)

Figura 2.6 Tanques de pulmón



Tanque de pulmón para caudal constante, Fuente: (IMMSAC, 2013)

## 2.6 Elementos de control en los tanques de almacenamiento

Los tanques contienen diferentes dispositivos de control para el almacenamiento de la leche que ayudan en el proceso de enfriamiento y ciclos de lavado automático, entre ellos se pueden enumerar los siguientes:

### 2.6.1 Sistemas de agitación

Funciona para mantener la leche almacenada a temperatura homogénea, el sistema de agitación cuenta con una hélice que permite un movimiento suave de agitación para el trato del producto. Para tanques de gran capacidad de almacenamiento es preferible contar con más de un sistema de agitación que estén ubicados en sitios estratégicos del tanque para asegurar que toda la leche se encuentre en movimiento, en la Figura 2.7 se observa el sistema de agitación por paletas establecida para un tanque de almacenamiento horizontal el cual cuenta con un moto-reductor que ayuda al movimiento suave del agitador. (García Hurtado, 2013)

Figura 2.7 Posición de las paletas para el agitador del tanque



Posición de las paletas para el agitador del tanque, Fuente: (Invesquia, 2017)

### **2.6.2 Sensor de nivel**

Usado en aplicaciones para envases o aplicaciones en sistemas de llenado, este tipo de sensores detecta la proximidad de un líquido u objeto, obtiene lecturas de llenado para un determinado porcentaje, la señal puede ser enviada y controlada mediante un hardware o software. (Germán Corona Ramírez, 2014)

### **2.6.3 Equipo frigorífico**

Evita alteraciones en la leche que se encuentra almacenada, la leche a temperaturas bajas retiene la generación bacteriana, los tanques de almacenamiento que cumplen con funciones de enfriado de la leche, deben mantenerla a una temperatura determinada, según la norma NTE INEN 009 entre 2 y 4 °C, si la temperatura baja de 2°C la leche puede tener fenómenos de congelamiento. (García Hurtado, 2013)

Para controlar la temperatura es necesario de un dispositivo de lectura en la parte exterior del tanque, estos dispositivos pueden llegar a ser paneles de operaciones, que registren las actividades dentro del tanque, permitiendo la regulación y control de temperatura del tanque en caso de que la leche lo necesite.

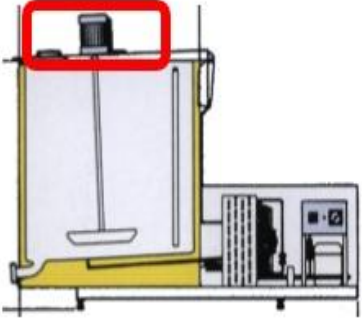
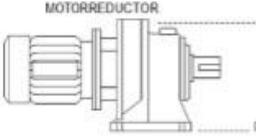

## **2.7 Caracterización del tanque para leche de la hacienda San Agustín.**

La hacienda San Agustín cuenta con un tanque de leche con capacidad para 6000 litros, los sistemas de lavado y refrigeración contienen dispositivos que son controlados por un PLC, este controla todo el proceso y lectura de variables mediante sensores, la característica de cada elemento se muestra en los siguientes puntos.

### **2.7.1 Moto-reductor RB 0. 15E.T**

Los Moto-reductores es utilizado para el funcionamiento de toda clase de máquinas de uso industrial, que necesitan cambiar o combinar su velocidad en algunos casos aumentar el torque, todo motor eléctrico tiene su velocidad, la función del moto-reductor es acoplar esta velocidad del motor eléctrico a la velocidad que requiere la máquina para su buen funcionamiento, los moto-reductores utilizan sistemas de engranajes para dichas funciones, la ubicación del moto-reductor en el tanque se muestra en la Figura 2.8, las especificaciones técnicas del elemento se muestran en el Anexo 3.

Figura 2.8 Moto-reductor del tanque de leche de la hacienda San Agustín

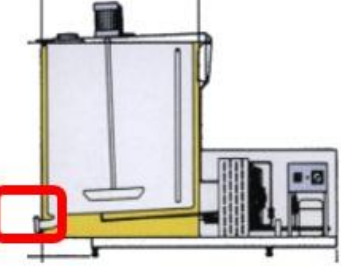


Ubicación	Diagrama de conexión	Imagen del elemento
 <p data-bbox="336 685 699 736">Ubicación del motor-reductor, Elaborado por: Adrian Brito, Ronald Guachamin</p>	 <p data-bbox="794 707 954 736">(Kamoer, 2017)</p>	 <p data-bbox="1082 707 1321 736">Fuente : (INOXPA, 2017)</p>

Moto-reductor que cuenta el tanque de leche, Elaborado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito.

### 2.7.2 Bomba bluffton

Las electrobombas transforman energía mecánica en energía hidráulica y en su mayoría son activadas por un motor eléctrico. La bomba es utilizada para la realimentación del tanque, trasladando el agua que se encuentra en el piso del tanque hacia la parte superior donde se encuentra el dispensador, de esta manera se realimenta el tanque con la misma cantidad de agua ingresada inicialmente, se encuentra ubicada en la parte inferior del tanque como se aprecia en la Figura 2.9, las características técnicas del elemento se muestran en el Anexo 4.

Figura 2.9 Bomba bluffton del tanque de leche de la hacienda San Agustín

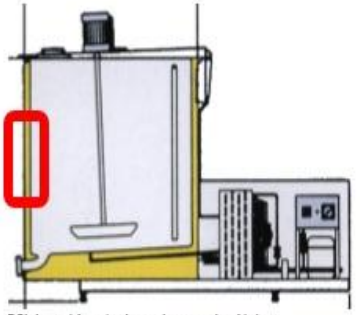
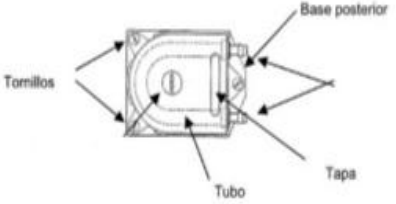

Ubicación	Diagrama de conexión	Imagen del elemento
 <p data-bbox="341 1727 683 1800">Ubicación de la bomba Bluffton, Elaborado por: Adrian Brito, Ronald Guachamin</p>	 <p data-bbox="826 1832 986 1861">(Kamoer, 2017)</p>	 <p data-bbox="1094 1816 1334 1861">Fuente: (Electromecanica, 2013)</p>

Bomba bluffton que cuenta el tanque de leche, Elaborado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito.

### 2.7.3 Bomba peristáltica

Las bombas peristálticas son un tipo de bomba hidráulica que sirven para desplazar varios tipos de fluidos, estas bombas son utilizadas para aplicaciones donde se necesita un porcentaje de precisión al momento de habilitar o deshabilitar el paso del líquido utilizan una manguera flexible para el paso del líquido, estos son utilizadas para desplazar los diferentes tipos de químicos al interior del tanque, la ubicación del elemento se muestra en la Figura 2.10, las características técnicas de las válvulas peristálticas se aprecian en el Anexo 5.

Figura 2.10 Ubicación de la bomba Bluffton en el tanque

Ubicación	Diagrama de conexión	Imagen del elemento
 <p>Ubicación de bomba peristáltica, Elaborado por: Adrian Brito, Ronald Guachamin</p>	 <p>Tornillos Base posterior Tapa Tubo</p> <p>Fuente: (Kamoer, 2017)</p>	 <p>Fuente: (Kamoer, 2017)</p>

Ubicación de la bomba en el tanque, Elaborado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito

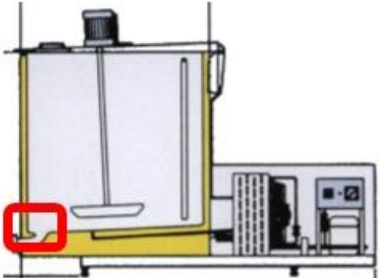
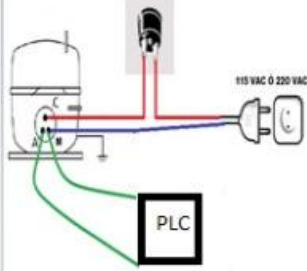

### 2.7.4 Electroválvula 110 Vac

Las electroválvulas son dispositivos electromecánicos que controlan el paso de algunos tipos de fluidos, son accionadas eléctricamente permitiendo o cerrando totalmente el paso del fluido, son utilizadas para el paso de agua hacia el tanque, su ubicación en el tanque se muestra en la Figura 2.11, la característica técnica de la electroválvula se muestra en la Anexo 6.

### 2.7.5 Placa de control

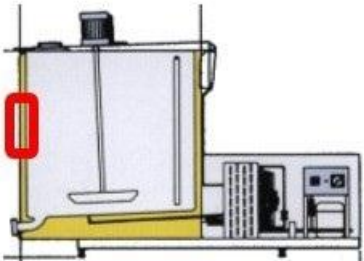
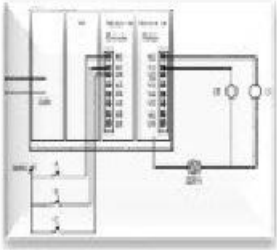

La placa de control acondiciona las señales de los sensores, actuadores, las entradas y salidas del PLC, las ubicaciones de los elementos de la placa se aprecian en la Figura 2.12, los elementos que se incluyen en la placa se muestran en el Anexo 7.

Figura 2.11 Ubicación de las electroválvulas

Ubicación	Diagrama de conexión	Imagen del elemento
 <p data-bbox="338 613 699 663">Ubicación de la electrobomba, Elaborado por: Adrian Brito, Ronald Guachamin</p>	 <p data-bbox="746 667 954 694">Fuente: (Kamoer, 2017)</p>	 <p data-bbox="1082 667 1289 694">Fuente: (Kamoer, 2017)</p>

Ubicación de las electroválvulas, Elaborado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito

Figura 2.12 Ubicación de las placas de control

Ubicación	Diagrama de conexión	Imagen del elemento
 <p data-bbox="338 1263 667 1312">Ubicación de la placa, Elaborado por: Adrian Brito, Ronald Guachamin</p>	 <p data-bbox="746 1301 954 1328">Fuente: (Kamoer, 2017)</p>	 <p data-bbox="1050 1272 1353 1321">Placa Elaborado por: Adrian Brito, Ronald Guachamin</p>

Ubicación de las placas de control, Elaborado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito

### 2.7.6 PLC unitronic V200-18-E1B

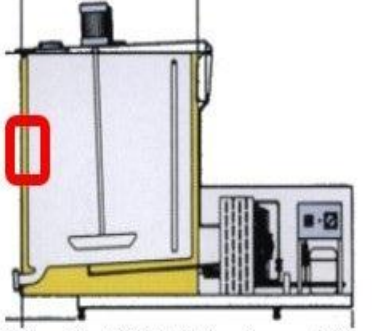
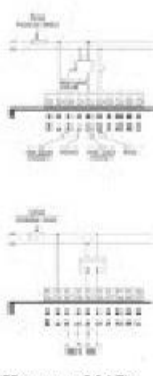

El PLC Unitronic V200-18-E1B es un controlador lógico programable, es utilizado en la industria para procesos automáticos resolviendo problemas de secuencia, el lenguaje de programación es exclusivo del fabricante. En este caso se utiliza para la secuencia de cada lavado de esta manera controlando los tiempos de cada lavado del tanque de leche, la ubicación del PLC se aprecia en la Figura 2.13, las características técnicas del PLC se observa en el Anexo 8.

### 2.7.7 Tanque para leche

Los tanques para leche son de acero inoxidable, sirven para mantener la leche a una determinada temperatura, evitando el crecimiento bacteriológico en la leche. En su



gran mayoría, vienen con lugares estratégicos en los cuales se puede colocar diferentes sensores como los de temperatura y nivel, en la Figura 2.14 y Anexo 9, se muestra las características y dimensiones del tanque.

Figura 2.13 Ubicación del PLC unitronic en el tanque

Ubicación	Diagrama de conexión	Imagen del elemento
 <p>Ubicación del PLC, Elaborado por: Adrian Brito, Ronald Guachamin</p>	 <p>Fuente: (Kamoer, 2017)</p>	 <p>PLC Elaborado por: Adrian Brito, Ronald Guachamin</p>

Ubicación del PLC unitronic en el tanque, Elaborado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito.

Figura 2.14 Tanque de leche ubicado en la hacienda San Agustín

Diagrama del tanque	Imagen del elemento
 <p>Tanque de leche, Fuente: (Serlac, 2012)</p>	 <p>Tanque ubicado en la hacienda San Agustín, Elaborado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito</p>

Tanque de leche ubicado en la hacienda San Agustín, Elaborado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito

## CAPÍTULO 3

### DISEÑO DEL PROYECTO

El presente capítulo describe la ubicación de cada elemento de control para el tanque, los requerimientos para el lavado automático, diseño del proyecto realizado para el PLC y las diferentes pantallas de interacción con el usuario para el HMI.

#### 3.1 Refrigeración de la leche

El sistema de refrigeración inicia con el almacenamiento, el proceso se lleva mediante sistemas de enfriado que baja la temperatura de la leche hasta llegar según la norma NTE INEN 009 entre 2 y 4°C con agitación constante. En el caso de no tener un sistema de refrigeración la leche se debe transportar a la planta procesadora o centro de acopio en un período inferior a tres horas.

##### 3.1.1 Temperatura de conservación

La temperatura de conservación según la norma NTE INEN 009 va desde 2 y 4°C, esto retarda la multiplicación bacteriana como se aprecia en la Tabla 3.1. La temperatura para almacenamiento de leche en todos los países está recomendada en 4°C, la leche expuesta a temperaturas inferiores de 2°C puede ocasionar congelamientos en la leche, alterando la calidad de la leche, por lo que es indispensable el sistema de agitación para evitar dicho congelamiento. (UPM, 2009)

Tabla 3.1 Incremento bacteriano por temperatura.

LECHE ALMACENADA DURANTE 24 H. A UNA TEMPERATURA DE: (°C)	BACTERIAS/ML
0	2.400
4	2.500
13	18.800
20	450.000
30	1.400.000.000
35	25.000.000.000

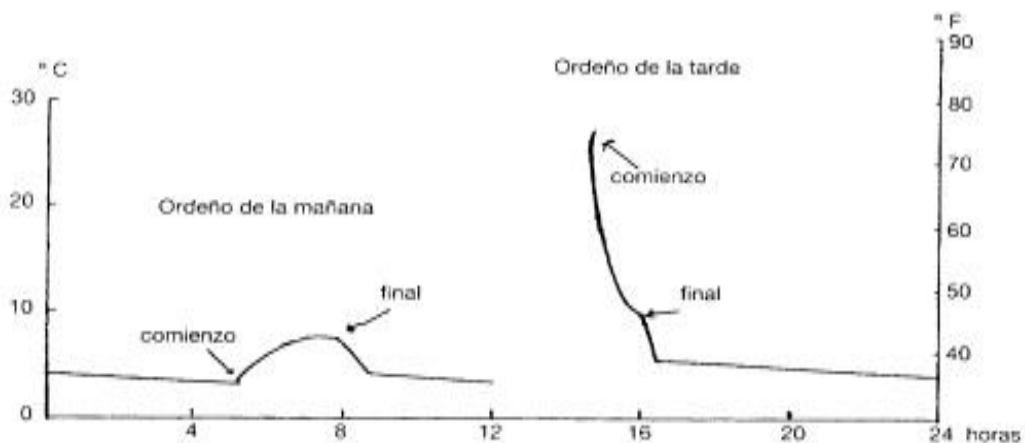
Descripción del incremento bacteriano dependiendo de la temperatura de la leche, Fuente: (UPM, 2009)

En el ordeño de la tarde o segundo ordeño, la leche ingresa al tanque frío con una temperatura ambiente, esta se mezcla con la leche del primer ordeño que se encontraba



a temperatura entre 2 y 4 °C, la unión de la leche a diferentes temperaturas crea una curva que se encuentra representada en la Figura 3.1, La curva muestra la temperatura total, resultante de la mezcla de leche a diferente temperatura, la temperatura llega a 10° C, para un tanque de almacenamiento de gran capacidad, que contenga cantidades altas de leche en su interior, eleva su temperatura durante un lapso de 3 horas, el tiempo que se demora en regresar a temperaturas adecuadas es muy perjudicial, existirá un incremento bacteriano. (UPM, 2009)

Figura 3.1 Curva de temperatura de la leche para dos ordeños en diferente hora.



Curva de temperatura para la unión de leche a diferente temperatura, ordeñada en la mañana y otra ordeñada en la tarde, Fuente: (NIRD, 1977, tomado de Alonso, 1996)

### 3.1.2 Duración de almacenamiento

Es muy importante la duración de almacenamiento de la leche ya que cuanto más largo sea el período de almacenamiento existe mayor crecimiento de bacterias en la misma, es primordial mantener a una temperatura entre los 2 y 4°C cualquier alteración en la temperatura podría ser causa de una mala calidad en la leche al momento de ser entregada. (UPM, 2009)

### 3.1.3 Contaminación inicial

Desde el ordeño ya existe un número importante de gérmenes presentes en la leche y en el tanque de almacenamiento el enfriamiento es un factor esencial para obtener buenos resultados en la Tabla 3.2 se puede ver la diferencia de la proliferación de bacterias en un equipo de ordeño limpio y un equipo de ordeño poco limpio.

Tabla 3.2 Generación bacteriana en equipos de ordeño limpios y poco limpios.

Condiciones de producción	T° de Almacenaje (° C)	Recién Ordeñada	Recuento estándar por ml después de:		
			24 horas	48 horas	72 horas
Vacas y equipos de ordeño limpios	4,4	4.295	4.138	4.566	8.427
	10	4.295	13.961	127.727	5.725.277
	15,5	4.295	1.587.333	33.011.111	326.500.000
Vacas y equipos de ordeño poco limpios	4,4	136.533	281.646	538.775	749.030
	10	136.533	1.170.546	13.662.115	25.687.541
	15,5	136.533	24.673.571	639.884.615	2.407.033.333

Descripción de la generación bacteriana con equipos limpios y poco limpios de acuerdo con la temperatura y horas de almacenamiento, Fuente: (UPM, 2009).

### 3.1.4 Velocidad de enfriamiento

Durante las dos primeras horas después del ordeño el crecimiento de las bacterias es lento, después de este tiempo va ir aumentando su crecimiento. Por esta razón es importante aprovechar este lapso para enfriar la leche y mantener a una temperatura de conservación. Bajo este concepto se aplica la velocidad de enfriamiento inicial. (UPM, 2009)

### 3.2 Requerimientos para el sistema de lavado

Los requerimientos según la resolución N° 217 del Agro-Agrocalidad capítulo III artículo 19 para el sistema de lavado del tanque se muestran en: Anexos 10, Anexo 11 y Anexo 12 respectivamente para el lavado simple, lavado completo y lavado sanitizado, incluye dispositivos de funcionamiento para cada etapa de lavado. Los dispositivos en funcionamiento durante el lavado son: válvula de agua caliente, válvula de agua fría, válvulas peristálticas, bomba de agua, moto reductor y válvula de desague, el nombre de cada variable se especifica en el Anexo 13, los tiempos de lavado son programados manualmente desde la pantalla HMI. Para los tres tipos de lavado se tiene lo siguiente.

#### 3.2.1 Lavado simple

El proceso de lavado simple en el tanque para leche se realiza según la secuencia mostrada en el Anexo 10, los tiempos de encendido para cada actuador son ingresados manualmente desde la pantalla HMI, para esta sección se realiza 2 enjuagues y 1 lavado.

### **3.2.2 Lavado completo**

El lavado completo se realiza después de ser entregada la leche al tanquero de la pasteurizadora, este cuenta con 3 enjuagues y 2 lavados como se muestra en el Anexo 11, para este tipo de lavado se utiliza el detergente ácido y el limpiador alcalino.

### **3.2.3 Lavado sanitizado**

Se realiza antes del inicio del primer ordeño, el proceso comprende 1 lavado, en el cual se utiliza el desinfectante a base de amonio cuaternario para la industria de alimentos (Sanitizado), los tiempos y el orden de activación de los actuadores se muestra en el Anexo 12.

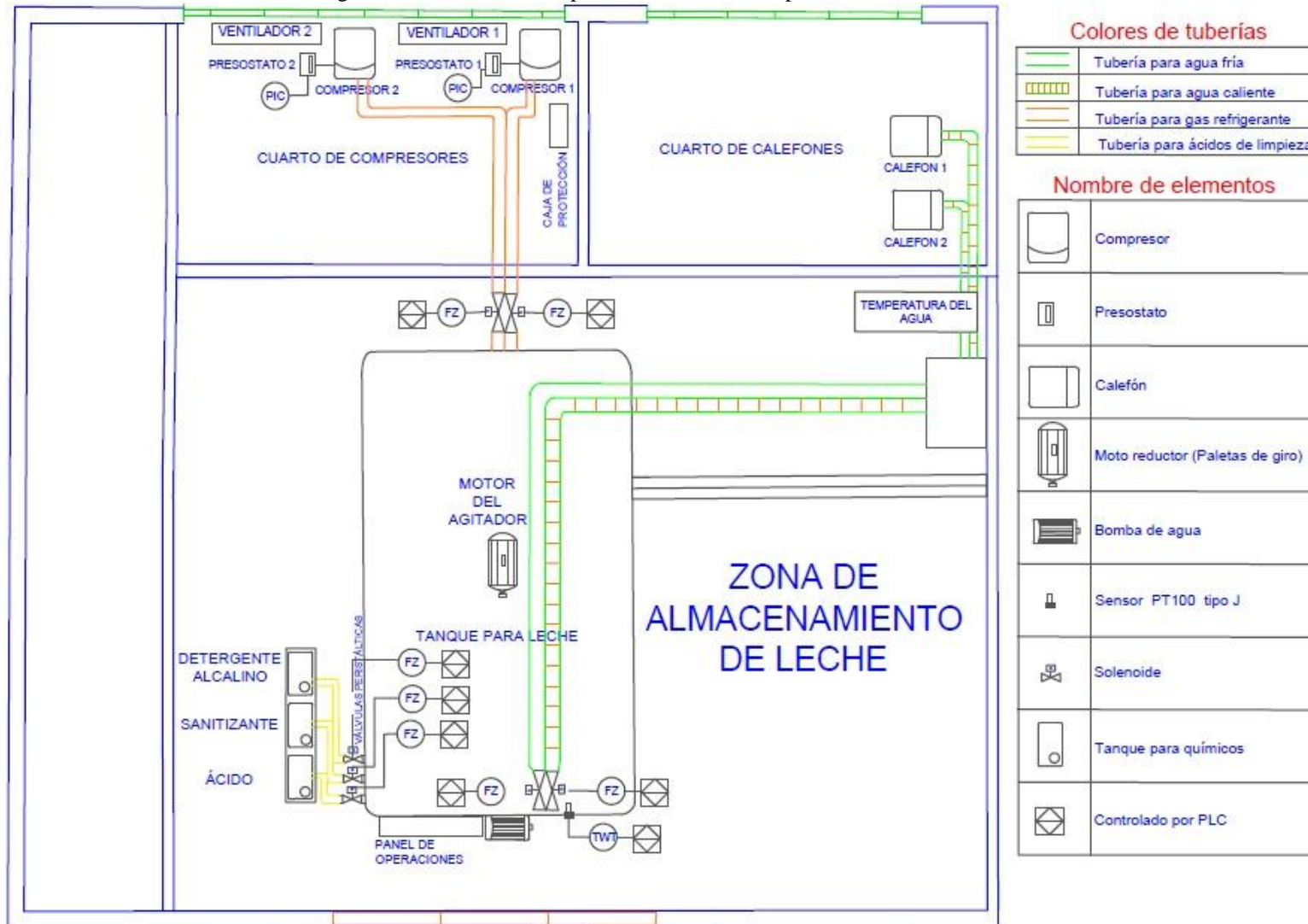
### **3.3 Ubicación de dispositivos de funcionamiento en el tanque para leche**

Los procesos que se realizan en el tanque son: lavado automático y control de temperatura, estos procesos conllevan a la activación de diferentes elementos que ejecutan las órdenes dadas por el PLC, los procesos se muestran en el Anexo 1, en la Figura 3.2 se muestra la ubicación de cada elemento dentro de la zona de almacenamiento de leche.

### **3.4 Diseño de pantallas en el HMI**

Las pantallas de operaciones en el HMI permiten que el operador programe manualmente el tiempo de activación para los actuadores que trabajan durante los ciclos de lavado automático, también permiten visualizar la temperatura dentro del tanque y el nivel de llenado de leche, para diseñar en enlace visual en el HMI se toma en cuenta los requerimientos de los Anexos 10,11 y 12, las pantallas contarán con indicadores de procesos activos en el tanque.

Figura 3.2 Ubicación de dispositivos de activación para el lavado automático



Ubicación de cada elemento de activación para el funcionamiento del tanque de leche, Elaborado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito

### 3.4.1 HMI pantalla principal

En la Figura 3.3 se aprecia el diseño para la pantalla del menú principal, esta pantalla se muestra cuando se encienda el sistema, el número 1 y 2 representan los compresores para la activación, para inicio de enfriamiento de la leche de forma manual con activación directa. El botón de bomba inicia con la recirculación de agua del tanque, también es usado por los tanqueros para la recolección de leche en el tanque. El botón de agitador activa la salida del motor para el inicio de la agitación de la leche, disipa la temperatura en todo el tanque, evitando que esta se congele.

En la pantalla principal cuenta con indicadores para visualizar la temperatura del tanque y cantidad de litros almacenada, la pantalla cuenta con hora y fecha actualizada a tiempo real.

Figura 3.3 Pantalla principal del HMI



Indicadores y botones al encender el sistema, Elaborado por: Ronnald Guachamin, Adrian Brito.

### 3.4.2 Pantalla para el inicio de lavados automáticos

En la Figura. 3.4 se aprecia la pantalla desplegada al presionar el botón de lavados en el menú principal de la Figura 3.3, se observa los tipos de lavados existentes para el tanque, los cuales son: sanitizado, lavado simple, lavado completo, cada uno cumple un diferente proceso, esta pantalla cuenta con un botón de pausa que detienen el proceso de lavado en caso de ser necesario y un botón de menú de regreso a la pantalla principal.

### 3.4.3 Pantalla para ingreso de clave

En la Figura 3.5 se observa la pantalla desplegada al momento de presionar el botón de menú dentro de la pantalla principal, se observa el nombre de la hacienda, un botón para ingresar la nueva contraseña que permite el acceso a los parámetros de configuración de los

tiempos para los lavados, evitando el ingreso de intrusos en el sistema, se observa la fecha y hora actualizada del sistema.

Figura 3.4 Pantalla de selección de lavados.



Pantalla de selección para tipos de lavado, Elaborado por: Ronnald Guachamin, Adrian Brito.

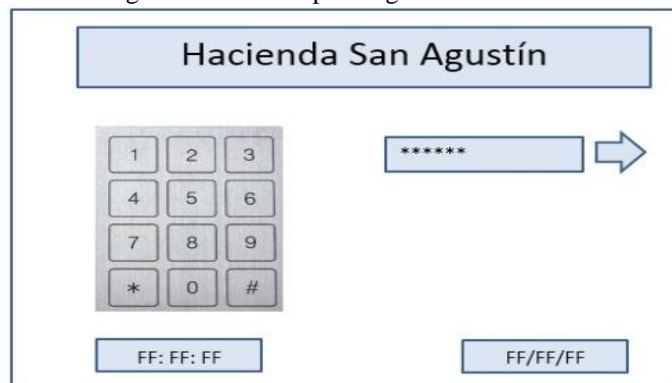
Figura 3.5 Pantalla para configuración de usuario



Nombre y clave de la hacienda, Elaborado por: Ronnald Guachamin, Adrian Brito.

En la Figura 3.6 se observa la pantalla desplegada al presionar el botón de ingresar contraseña de la Figura 3.5, se despliega un teclado para la nueva contraseña y una flecha que realiza la función de ingreso de contraseña, para cambio de contraseña se debe poner la contraseña actual caso contrario el sistema niega el ingreso.

Figura 3.6 Pantalla para ingreso de contraseña



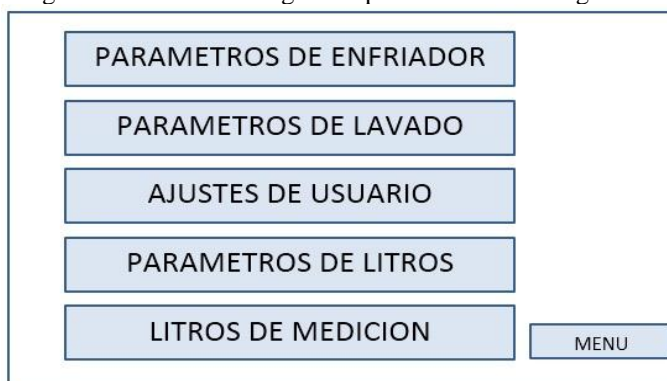
Despliegue de teclado para ingreso de la clave, Elaborado por: Ronnald Guachamin, Adrian Brito

### 3.4.4 Configuración de parámetros

Al teclear la clave correcta, se despliega una nueva pantalla que muestra los parámetros de configuración para los lavados automáticos, como se observa en la Figura 3.7, entre las diferentes opciones de la pantalla se tiene:

- Parámetros de enfriador: Modifica la temperatura del tanque
- Parámetros de lavado: Puede modificar los tiempos de cada lavado
- Ajustes de usuario: Opción a modificar el nombre de la hacienda y cambiar la contraseña
- Litros de Medición: Se tiene los litros de leche que se encuentran en el tanque actualmente

Figura 3.7 Pantalla de ingreso a parámetros de configuración



Ingreso a los parámetros de configuración para los procesos del tanque, Elaborado por: Ronnald Guachamin, Adrian Brito

### 3.4.5 Configuración de parámetros de enfriador

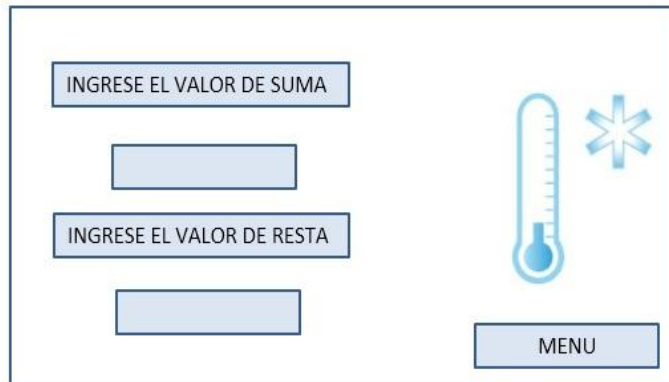
En la Figura 3.8 se observa los parámetros de enfriador, en esta pantalla se programa el rango deseado de temperatura a la cual debe mantenerse el tanque de leche, el rango mantiene el control de temperatura, evita el congelamiento de leche o que aumente de temperatura.

### 3.4.6 Pantalla para la configuración de parámetros para lavado (enjuague 1)

En la Figura 3.9 se muestra la pantalla para la programación de tiempos de activación de los actuadores para los lavados, se puede programar el tiempo 1 = tiempo de activación de

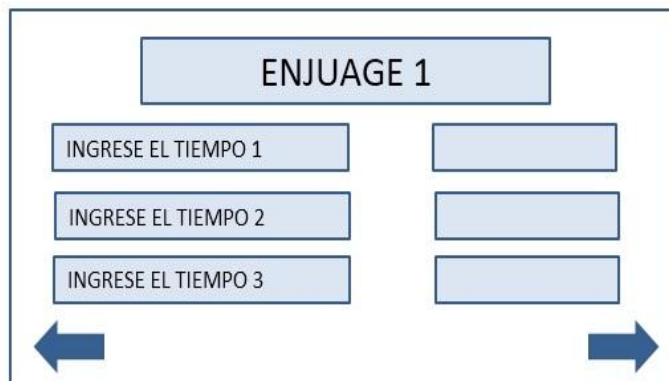
la bomba de agua, tiempo 2 = tiempo de recirculación de agua y tiempo 3 = tiempo de activación de la bomba de drenado.

Figura 3.8 Parámetros de enfriador



Calibración de la temperatura para el tanque, Elaborado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito.

Figura 3.9 Configuración de parámetros de enjuague 1.



Impreso de tiempos para activación de dispositivos durante el enjuague 1, Elaborado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito.

### 3.4.7 Pantalla para la configuración de parámetros para lavado (enjuague 2)

La pantalla que se muestra en la Figura 3.10, permite programar los tiempos de activación de los actuadores para el caso de inicio del enjuague 2, se programa el tiempo 1 = tiempo de activación de la bomba de agua, tiempo 2 = tiempo de recirculación del agua y tiempo 3 = tiempo de activación de la bomba de drenado.

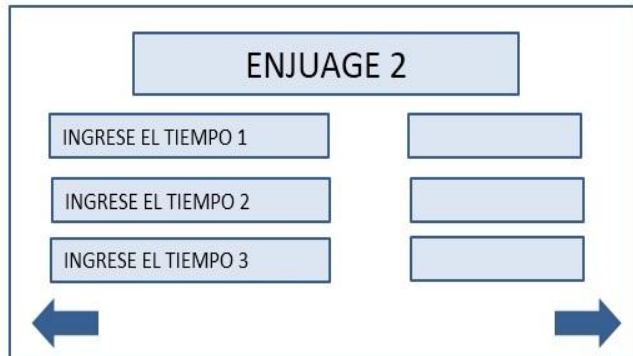
### 3.4.8 Pantalla para la configuración de parámetros para lavado 1

En la Figura 3.11 se aprecia la pantalla desplegada al presionar la flecha siguiente de la Figura 3.10 esta da paso a la programación los tiempos de lavado 1 como: tiempo 1 = tiempo de activación de la bomba de agua, tiempo 2 = tiempo de recirculación del agua, tiempo 3 = tiempo de activación de la bomba de drenado, dependiendo del tipo de lavado que se esté



ejecutando, las salidas de las bombas peristálticas también se activaran, para suministrar el ácido desinfectante que actuará con el lavado.

Figura 3.10 Configuración de parámetros para enjuague dos



Asignación de tiempos de encendido para el enjuague 2, Elaborado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito.

Figura 3.11 Pantalla de parámetros para lavado 1



Pantalla del HMI al ingresar a parámetros de lavado, Elaborado por: Adrian Brito, Ronald Guachamin.

### 3.4.9 Pantalla para la configuración de parámetros para lavado 2

La pantalla que se muestra en la Figura 3.12, permite la programación de los tiempos de activación de los actuadores para el caso de inicio de las funciones de lavado 2, se programa el tiempo 1 = tiempo de activación de la bomba de agua, tiempo 2 = tiempo de recirculación del agua y tiempo 3 = tiempo de activación de la bomba de drenado.

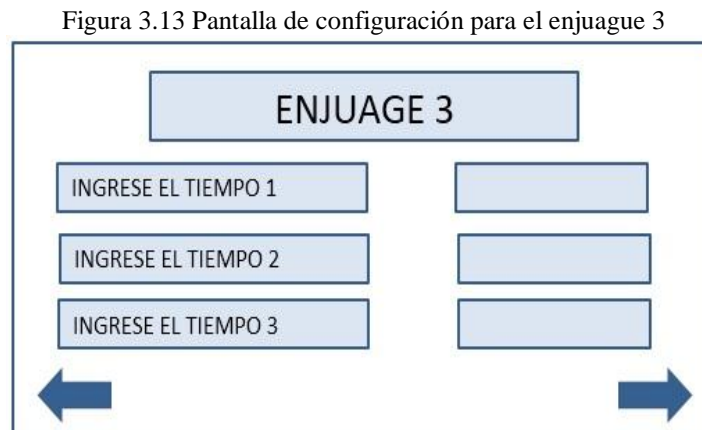
Figura 3.12 Pantalla de configuración para lavado 2



Configuración de tiempos de encendido para lavado 2, Elaborado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito.

### 3.4.10 Pantalla para la configuración de parámetros para lavado (enjuague 3)

En la Figura 3.13 se observa la pantalla desplegada al presionar la flecha de siguiente del lavado 2, ubicado en la Figura 3.12, se puede programar los tiempos de enjuague 3 como: tiempo 1 = tiempo de activación de la bomba de agua, tiempo 2 = tiempo de recirculación del agua, tiempo 3 = tiempo de activación de la bomba de drenado, esta pantalla es la última de configuraciones para los procesos de enjuague.



Pantalla de ingreso de tiempos para actuadores durante el enjuague 3, Realizado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito

### 3.4.11 Pantalla para la configuración de las bombas peristálticas

La pantalla mostrada en la Figura 3.14, permite programar los tiempos de activación para las bombas peristálticas, estas controlan el flujo de los tres químicos: ácido, detergente alcalino y sanitizante, siendo el tiempo 1 = tiempo el cual esta activada la bomba para el paso de ácido, tiempo 2 = tiempo el cual esta activada la bomba para el paso del detergente alcalino, tiempo 3 = tiempo el cual esta activada la bomba para el paso de sanitizante, esta pantalla del HMI es la última configuración para el proceso de lavado, programados los tiempos en cada etapa el proceso de lavado, se puede iniciar automáticamente, la flecha de siguiente permite el paso hacia la pantalla de configuración de parámetros que se muestra en la Figura 3.7.

### 3.4.12 Pantalla para la configuración para tabla de litros.

En la Figura 3.15 se apreciar la pantalla desplegada al oprimir el botón parámetros de litros, en esta pantalla muestra la tabla de relación que existe entre la medición del tanque en cm, realizada de forma manual y la relación de los litros que se encuentran en el interior del

tanque para leche, esta tabla sirve para medir los litros de leche para el tanquero de la pasteurizadora, este proceso se realiza antes de vaciar la leche hacia el tanquero.

Figura 3.14 Pantalla de configuración para las bombas peristálticas

Pantalla de ingreso de tiempo para las bombas de manejo de ácidos, Elaborado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito.

Figura 3.15 Pantalla para tabla de relación de medidas en el tanque de leche

CM/MM	0	1	2	3	4	5
5	147.938	150.367	152.796	155.225	157.654	160.083
6	172.228	174.657	177.086	179.515	181.944	184.373
7	196.518	198.947	201.376	203.805	206.234	208.663
8	220.808	223.237	225.666	228.095	230.524	232.953
9	245.098	247.527	249.956	252.385	254.814	257.243
10	269.388	272.222	275.056	277.89	280.724	283.558
11	297.728	300.562	303.396	306.23	309.064	311.898
12	326.068	328.902	331.736	334.57	337.404	340.238
13	354.408	357.242	360.076	362.91	365.744	368.578
14	382.748	385.582	388.416	391.25	394.084	396.918

Pantalla para la observación de tabla de litros contenidos en el tanque, Elaborado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito.

### 3.4.12 Litros de leche actuales en el tanque

Al presionar el botón de litros de medición, despliega una pantalla que muestra la cantidad de litros actuales que contiene tanque, como se observa en la Figura 3.16, la medida de los litros se observa de forma gráfica y numérica.

### 3.5 Diseño de conexiones eléctricas para el PLC

Para el diseño de conexiones y programa del PLC, se tomaron en cuenta los requerimientos para los procesos a programar en el tanque de leche.

Figura 3.16 Pantalla para litros de medición.



Pantalla de visualización de los litros de leche contenidos en el tanque, Elaborado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito.

### 3.5.1 Controlador lógico programable

Dispositivo electrónico utilizado para ambientes industriales, cuenta con instrucciones programables, permitiendo el funcionamiento de procesos lógicos, temporizados y monitoreados. Un controlador lógico programable puede interrumpir el proceso actual en el sistema y cumplir con tareas prioritarias. (Moreno)

### 3.5.2 PLC Xinje XC3-24 RT-E

Los PLC's xinje tienen procesador mitsubishi, cuentan con entradas rápidas, contadores, temporizadores y expansión de tarjetas adicionales para lecturas analógicas, reloj en tiempo real, memoria con capacidad de retención de datos. Este PLC, permite realizar trabajos de posicionamiento para servo motores, pwm, control de temperatura a través de módulos analógicos, el modelo del PLC se aprecia en la Figura 3.17, la Tabla 3.3 muestra las características del PLC. (TechDesign, 2016)

Figura 3.17 PLC Xinje XC3-24RT-E



PLC utilizado para el control en el tanque de leche, Fuente: (TechDesign, 2016)

Tabla 3.3 Características PLC Xinje XC3-24RT-E

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN
Alimentación	110 – 220 [v]
Entradas digitales	14 entradas opto-aisladas
Salidas digitales	8 relé y 2 npn
Entradas de frecuencia	3 entradas A/B
Tipo de memoria	Retención al apagar
Tipo de lenguaje	Lenguaje C
Frecuencia de salidas	200KHz
Puertos de comunicación	COM1, COM2
Dimensiones	63 x 102 x 74 mm.
Reloj en tiempo real	Si
Lazos de control PID	Si
Interrupciones	Si

Componentes y funciones que posee el PLC, Fuente: (TechDesign, 2016)

### 3.5.3 Diseño de conexiones eléctricas para el PLC

El PLC se conecta directamente a la placa de control de relés para el encendido de los actuadores en el tanque, en la Figura 3.18 se aprecia las conexiones para el funcionamiento de la placa de relés con las conexiones a las salidas y entradas del PLC, cada salida del controlador tiene su relé correspondiente como se observa en la Tabla 3.4, el PLC utilizado para el presente proyecto funciona con alimentación de 110 Vac.

Tabla 3.4 Conexiones del PLC

PINES DE SALIDA PLC	ENTRADAS PLACA DE CONTROL
Y0	C1 (Compresor 1)
Y1	C2 (Compresor 2)
Y2	AG (agitador)
Y3	EV (bomba)
Y4	VF (válvula de agua fría)
Y5	VC (Válvula de agua caliente)
Y6	VD (válvula de desagüe)
Y7	AC (válvula de detergente ácido)
Y10	AL (válvula de limpiador alcalino)
Y11	ST (válvula de sanitizado)

Conexiones del PLC para la placa de control, Elaborado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito.

Figura 3.18 Diagrama de conexiones para el PLC

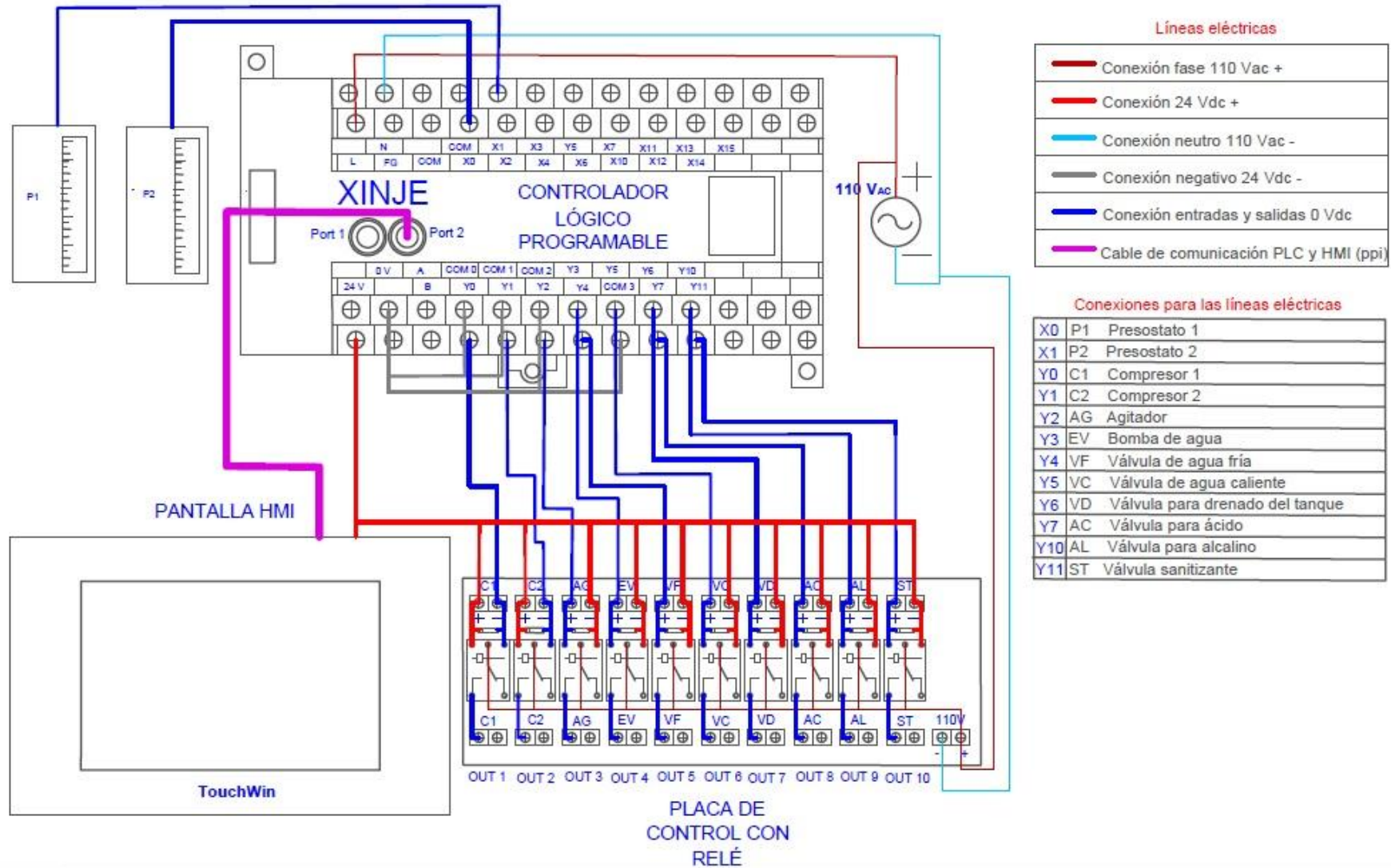


Diagrama de conexiones entre el PLC xinje y la placa de control, Elaborado por: Ronnald Guachamin, Adrian Brito.

### 3.5.3 Diagrama de procesos para lavado automático

El tanque para leche cuenta con 3 tipos de lavado automático, lavado simple, lavado completo y lavado sanitizado, cada uno cumple un diferente proceso, el lavado completo del tanque se realiza después del retiro de la leche, este se aplica para eliminar residuos de leche que se encuentren en el interior del tanque, el lavado simple se realiza en modo de enjuague, este lavado limpia residuos de químico en las superficies interiores del tanque, el lavado con sanitizante se realiza 30 minutos antes de iniciar el ordeño, este elimina cualquier impureza que pueda entrar en contacto con la leche, en la Figura 3.19 se aprecia el proceso de lavado sanitizado, cuando el proceso culmina la orden regresa hacia selección de lavado, el significado de las siglas de los dispositivos de activación se muestran en el Anexo 13.

Figura 3.19 Procesos de lavado sanitizado



Diagrama de flujo para el proceso de sanitizado, Elaborado por: Ronnald Guachamin, Adrian Brito.

Los procesos de lavado simple y lavado completo se muestran en la figura 3.20, al fin de cada proceso seleccionado se inicia nuevamente con la selección del lavado, los significados de las siglas de los dispositivos de activación se muestran en el Anexo 13.

Figura 3.20 Procesos de lavado automático

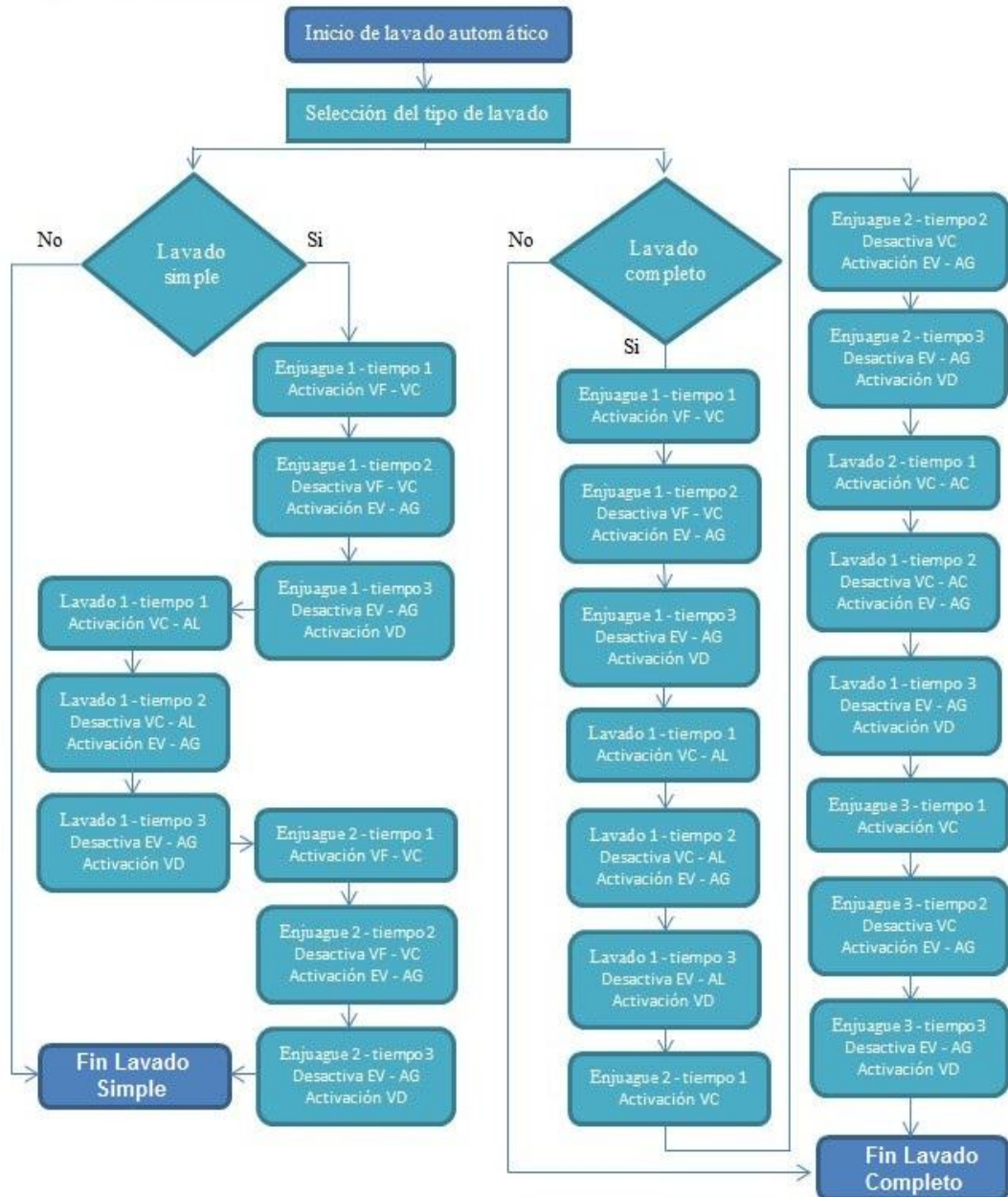


Diagrama de flujo para el lavado simple y lavado completo del tanque, Elaborado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito.



## CAPÍTULO 4

### IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS

En el presente capítulo se muestra el desarrollo final del HMI, funcionamiento del PLC para los diferentes procesos y pruebas de funcionamiento final del sistema.

#### 4.1 TouchWin TG 465-ET

Xinje posee pantallas HMI de la serie TG, estas pantallas contienen un sistema táctil que envía datos hacia el controlador. La pantalla HMI cuenta con visualización de variables de control, interfaz gráfica, realiza monitoreo y procesos de alarma, contiene una resolución de 1600, 800\*600. Maneja memorias y datos de gran tamaño, con interfaz amigable a la vista del operador, fácil de manejar para control de un sistema. (Electronic, 2016)

Equipado con puerto USB en la parte posterior para con contenido de memoria de datos, carga y descarga de programa, buffer de alta velocidad, descarga de PC a HMI con gran velocidad, en la Tabla 4.1 se aprecia las especificaciones técnicas del HMI (MakePolo, 2013)

- Control de conmutadores, monitor dinámico y datos de visualización, mapa de barras, mapa de tendencias en tiempo real, tendencia temporal
- Mapa de tendencias XY, mapa de columnas discreto / continuo, alarma en tiempo real, registro de alarma de historial.
- Colección de datos definida por el usuario y función de ahorro
- Establecer la autoridad del usuario, 9 niveles de protección de contraseña
- Simulación en línea / sin conexión, carga / descarga de datos, función de configuración
- Puerto USB en el interior, velocidad de 480Mbps
- Diseño de pista de animación definido por el usuario

Tabla 4.1 Características Touchwin TG 465-ET

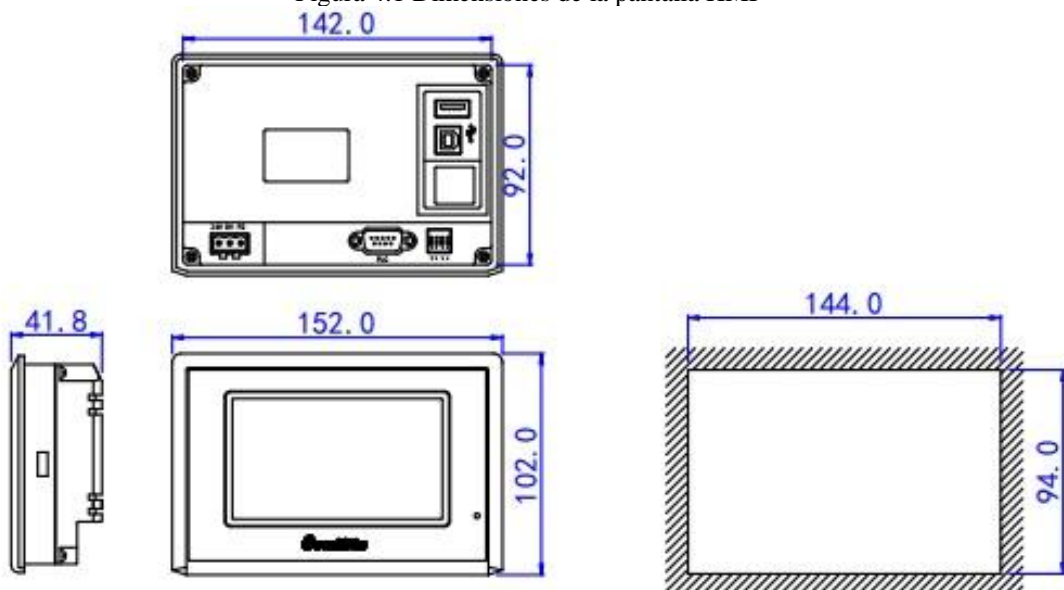
ITEMS		TG 465
Eléctrico	Voltaje de entrada	DC20-DC28V
	Consumo de corriente	130mA
	Impedancia aislada	DC500V- about 10MΩ (signal and time)
Interface	COM1	RS-232/RS422/RS485
	USB1	USB-A (acorde con USB2.0)
	Ethernet port	RJ-45
Ambiente	Temperatura ambiente	20-85%
	Temperatura de operación	0—50°C
	Temperatura de reserva	-20-60°C
	Protección de construcción	IP65
Especificaciones	Vida de uso	Más de 50000 horas, 24 horas de funcionamiento a temperaturas de 25 °C
	Contraste	No ajustable
	Touch panel	Modo de resistencia de 4 hilos

Características técnicas del HMI xinje TG 465-ET, Fuente: (*Electronic, 2016*)

#### 4.1.1 Dimensiones del HMI

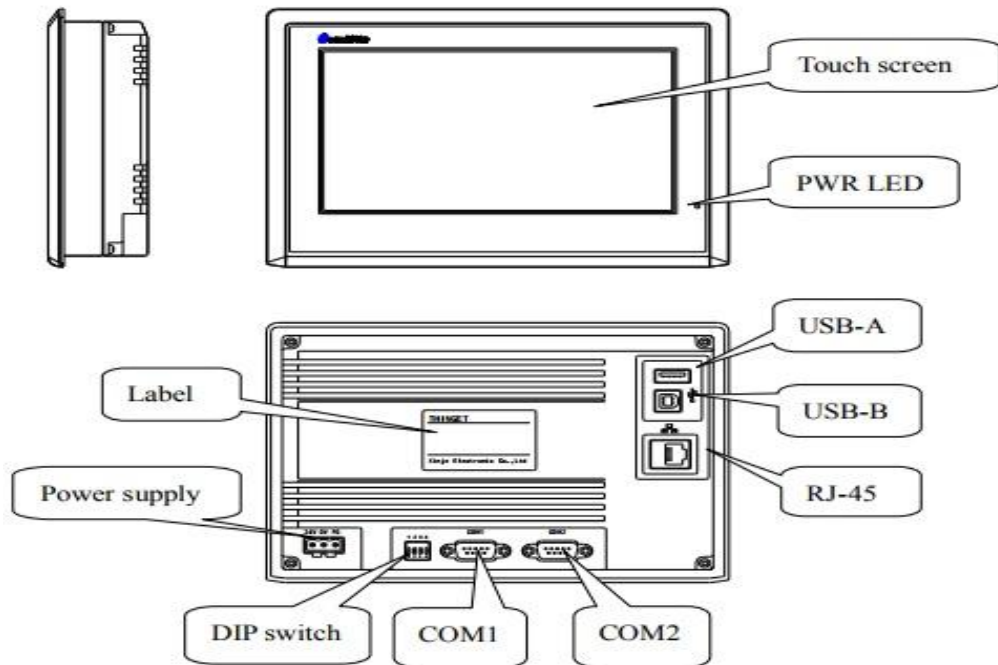
El tamaño del HMI Xinje modelo TG 465-ET, es muy compacto y se acopla a toda clase de paneles de operaciones, sus dimensiones se pueden apreciar en la Figura 4.1, La estructura del hardware de la pantalla se observa en la Figura 4.2.

Figura 4.1 Dimensiones de la pantalla HMI



Dimensiones para cada vista de la pantalla HMI xinje TG 465-ET, Fuente: (*Electronic, 2016*)

Figura 4.2 Hardware de la pantalla HMI



Especificaciones del hardware de la pantalla HMI, Fuente: (Electronic, 2016)

## 4.2 Pantallas de funcionamiento del HMI

Las pantallas del HMI fueron diseñadas en el software TouchWin, cada pantalla contiene diferentes operaciones que pueden ser programadas por el operario de la hacienda.

### 4.2.1 Pantalla de bienvenida

Al iniciar el sistema, la primera pantalla del HMI envía un mensaje de bienvenida como presentación previa a su funcionamiento, en la Figura 4.3 se aprecia la pantalla de bienvenida al sistema.

Figura 4.3 Pantalla de inicio del sistema HMI.

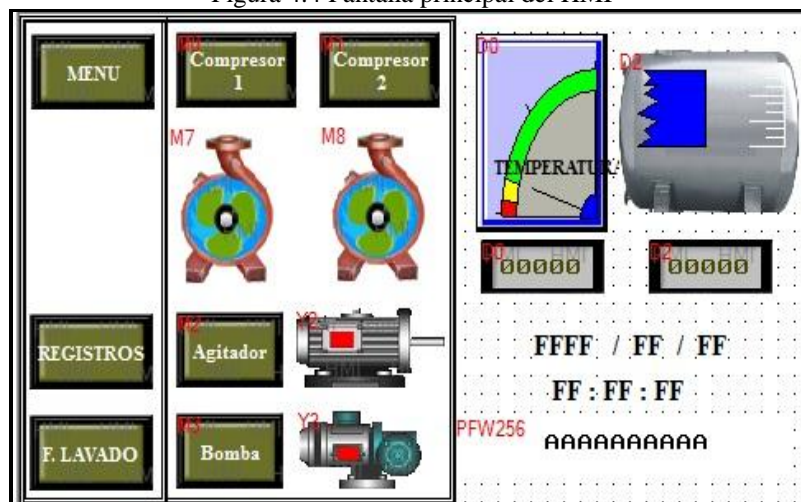


Primera pantalla del HMI al iniciar el sistema, Elaborado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito

#### 4.2.2 Pantalla principal

En la Figura 4.4 se muestra el diseño de la pantalla principal, la pantalla está dividida en 3 segmentos, para su primer segmento cuenta con botones para la programación a submenús, la segunda división cuenta con 4 botones para el encendido directo de: compresor 1, compresor 2, agitador y bomba, cada botón tiene su propio indicador gráfico de activación, en la tercera división contiene indicadores de temperatura y de nivel numéricos como gráficos, se muestra la fecha y hora actualizada y el nombre de la hacienda programada desde ajustes del usuario, ver Figura 4.4.

Figura 4.4 Pantalla principal del HMI



Diseño implementado para la pantalla principal del HMI, Elaborado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito.

#### 4.2.3 Menú de operaciones

Al presionar el botón de menú de la Figura 4.4, se despliega el diseño realizado para la pantalla de menú de operaciones, se tiene 3 opciones de programación: parámetros, menú de lavado y pantalla principal como se aprecia en la Figura 4.5, el botón de parámetros dirige a las configuraciones para el sistema de lavado, el botón de menú lavado ingresa a la selección de lavados automáticos para su activación.

#### 4.2.4 Pantalla de parámetros

La pantalla de parámetros lleva 5 opciones, cada una despliega ventanas para configuraciones de tiempos para los lavados, como se aprecia en la Figura 4.6 las configuraciones son manuales.

Figura 4.5 Pantalla de menú de operaciones.



Diseño implementado para la pantalla de operaciones del sistema, Elaborado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito.

Figura 4.6 Pantalla de parámetros del sistema



Elaboración de la pantalla de configuraciones para parámetros, Elaborado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito.

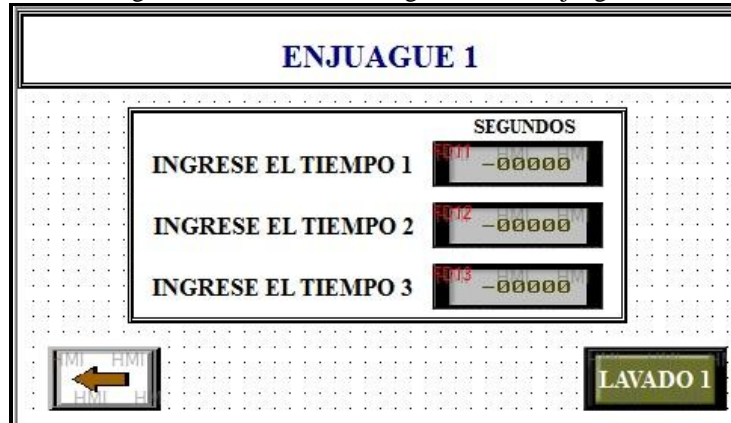
#### 4.2.5 Parámetro de configuración de enjuague para lavados

En la Figura 4.7 se muestra la pantalla realizada para la configuración de los tiempos de enjuague para cada tipo de lavado, cada tiempo ejecuta la activación de los actuadores implicados en cada lavado, el tiempo es configurado por pantalla y este es almacenado en una memoria no volátil, contiene botones de navegación hacia el siguiente proceso o hacia atrás.

#### 4.2.6 Configuración para el lavado

En la Figura 4.8 se muestra la pantalla realizada para la configuración de los tiempos de lavado, el tiempo es configurado manualmente por pantalla y es almacenado en una memoria no volátil, contiene botones de navegación hacia el siguiente proceso o atrás.

Figura 4.7 Pantalla de configuración de enjuagues



Pantalla realizada para la configuración de tiempos de enjuague, Elaborado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito.

Figura 4.8 Pantalla de configuración de tiempos de lavado



Pantalla elaborada para la configuración de tiempos de lavado, Elaborado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito

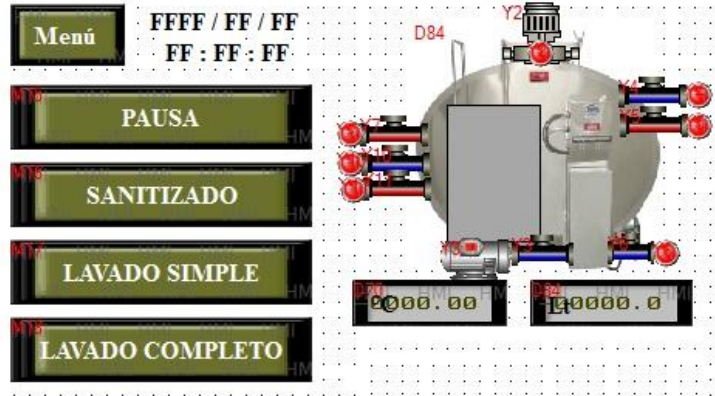
#### 4.2.7 Pantalla para selección de lavados

La Figura 4.9 muestra la pantalla para el inicio de lavado, se puede escoger el tipo de lavado que se va a realizar, los procesos se encuentran previamente programados en el PLC con los ajustes de memorias asignadas por los tiempos dentro de la configuración de parámetros.

#### 4.2.8 Pantalla para los ajustes de usuario

Los ajustes de usuario, es una pantalla realizada para la configuración del nombre de la hacienda y cambio de contraseña, cuenta con un botón de navegación que redirige hacia los parámetros de configuración, se puede observar la fecha y hora actualizadas como se aprecia en la Figura 4.10

Figura 4.9 Opciones de lavados.



Pantalla para selección de tipo de lavado a realizar, Elaborado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito.

Figura 4.10 Pantalla de configuraciones de usuario

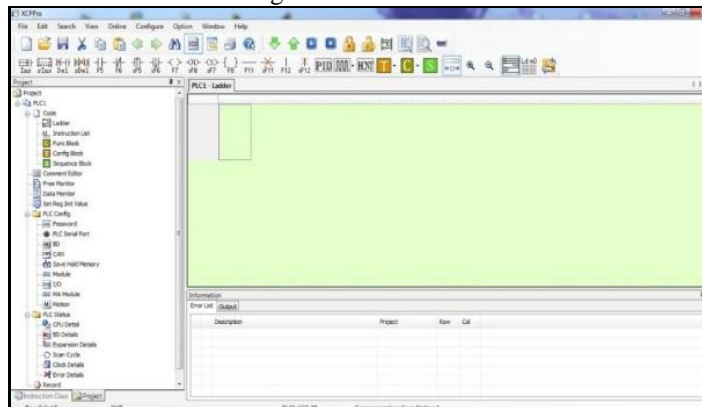


Pantalla realizada para configuraciones de usuario, Elaborado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito

### 4.3 Desarrollo del software para el PLC

El diseño del software de control para el PLC se realizó en XCP-Pro, software utilizado para programación de equipos thinget de xinje electronic, las condiciones y parámetros de programación se realizan de acuerdo con las especificaciones y requerimientos de la hacienda, en la Figura 4.11 se muestra la plataforma de programación XCP-Pro.

Figura 4.11 XCP-Pro

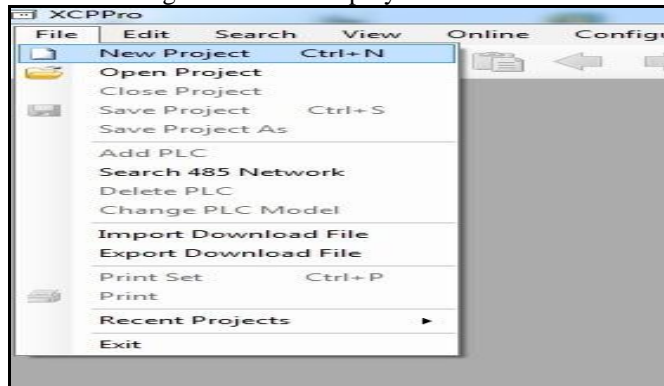


Software de programación XCP-Pro, Elaborado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito.

### 4.3.1 XCP-Pro Configuraciones de inicio

Para iniciar con un nuevo proyecto, se debe dirigir hacia la barra de herramientas del software y seleccionar file, en las opciones desplegadas, seleccionar new project como se muestra en la Figura 4.12

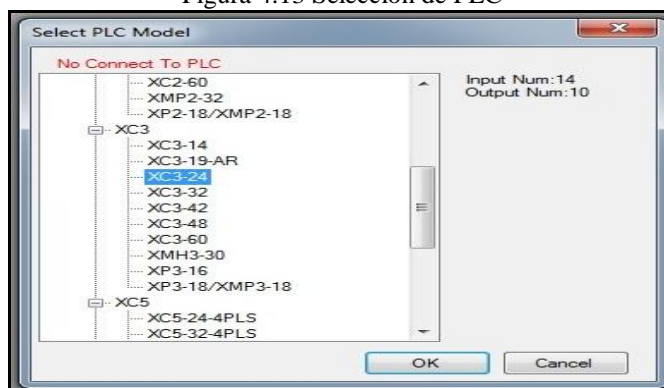
Figura 4.12 Nuevo proyecto XCP Pro



Creación de un nuevo proyecto en el software XCP Pro, Elaborado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito

Escoger el modelo del PLC con el que se va a trabajar, como se aprecia en la Figura 4.13 el PLC a trabajar es de la serie XC3 24, la ventana de selección muestra el número de entradas y salidas que cuenta el PLC seleccionado.

Figura 4.13 Selección de PLC



Ventana de selección de PLC para inicio de proyecto, Elaborado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito.

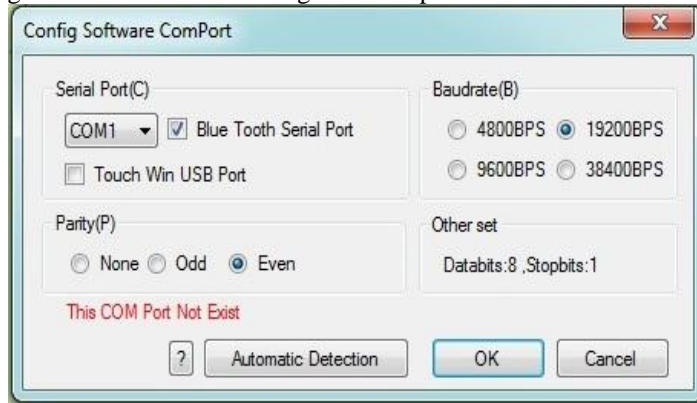
Seleccionar el puerto de comunicación entre el PLC y la PC, escoger la velocidad de transmisión, como se muestra en la Figura 4.14, realizado este procedimiento se debe aceptar las configuraciones para establecer la comunicación.

### 4.3.2 Barra de herramientas XCP-Pro

La barra de herramientas para el software XCP-Pro se muestra en la Figura 4.15, contiene botones para carga del programa al PLC, descargar desde PLC hacia PC y opciones de bloque para ingreso al programa.



Figura 4.14 Ventana de configuraciones para comunicación PLC - PC



Selección del puerto para comunicación entre el PLC y PC, Elaborado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito.

Figura 4.15 Barra de herramientas para carga al PLC

	Download	Download the editing program or data into PLC EMS memory
	Upload	Read the program or data in PLC memory out
	Run	Run PLC
	Stop	Stop PLC
	Lock	Lock program
	Unlock	Unlock program
	Lad monitor	Monitor the operation process of ladder chart program
	Data monitor	Monitor and set state, data of all PLC soft elements

Opciones de bloqueo para cargar al PLC, Elaborado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito.




La barra de herramientas que muestra las diferentes opciones para programar al PLC se muestra en la Figura 4.16, contiene contactos normalmente abiertos y normalmente cerrados, inicios de seteo de boninas, controladores PID, inicio de temporizadores.

El programa inicia con contactos normalmente abiertos, dentro de cada proceso contiene memorias para asignaciones de tiempos a los timers, los variables análogas de peso y temperatura son visualizadas en la pantalla HMI para control de las mismas.

#### 4.4 Programación del sistema

Para la programación del sistema, se tiene las entradas análogas designadas por bloques de memoria, cada entrada análoga tiene una entrada específica, para el caso de la temperatura se tiene la entrada QD1000 y para el peso se asigna la memoria QD 1001 como se aprecia en la Anexo 15, en la tabla 4.2, 4.3 y 4.4 se muestran las memorias asignadas para los actuadores en los lavados de sanitizado, lavado simple y lavado completo.

Figura 4.16 Barra de herramientas para programación

	Insert a node		Set
	Insert a row		Instruction frame
	Delete a Node		Horizontal Line
	Delete a Row		Delete Horizontal Line
	Normally Open Node		Vertical Line
	Normally Closed Node		Delete Vertical Line
	Rising Edge Pulse		PID Instruction Parameter Config
	Falling Edge Pulse		Pulse Instruction Parameter Config
	Out		High-speed Count 24-section Config
	Reset		G-BOX SMS Config

Contactos y condiciones para el inicio del programa, Elaborado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito.

Tabla 4.2 Memorias asignadas para el lavado sanitizado

		VF	VC	EV	AG	VD	AC	AL	ST
		Y4	Y5	Y3	Y2	Y6	Y7	Y10	Y11
ENJUAGUE 1	TIEMPO 1								
	TIEMPO 2								
	TIEMPO 3								
LAVADO 1	TIEMPO 1		D38						D38
	TIEMPO 2			D39	D39				
	TIEMPO 3					D40			

Asignación de memorias para la salida en el lavado sanitizado, Elaborado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito.

Los compresores habilitados por software para el inicio del proceso de enfriamiento se muestra en el Anexo 15, el encendido del compresor depende de la señal de activación enviada por el presostato, funciona de manera segura, el presostato capta la presión necesaria para enfriar y activa el compresor.

La asignación de memorias no volátiles, se asigna un bloque de memoria a la memoria FD, lee el dato ingresado por pantalla y la guarda en su memoria, el dato es guardado incluso cuando el sistema se encuentra sin alimentación.

Tabla 4.3 Memorias asignadas para la salida de cada lavado

			VF	VC	EV	AG	VD	AC	AL	ST	
			Y4	Y5	Y3	Y2	Y6	Y7	Y10	Y11	
<b>LAVADO SIMPLE</b>	ENJUAGUE 1	TIEMPO 1		D35							
		TIEMPO 2			D36	D36					
		TIEMPO 3					D37				
	LAVADO 1	TIEMPO 1		D38						D38	
		TIEMPO 2			D39	D39					
		TIEMPO 3					D40				
	ENJUAGUE 2	TIEMPO 1		D41							
		TIEMPO 2			D42	D42					
		TIEMPO 3					D43				
	LAVADO 2	TIEMPO 1									
		TIEMPO 2									
		TIEMPO 3									
	ENJUAGUE 3	TIEMPO 1									
		TIEMPO 2									
		TIEMPO 3									

Asignación de memorias para la salida de cada tipo de lavado, Elaborado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito.

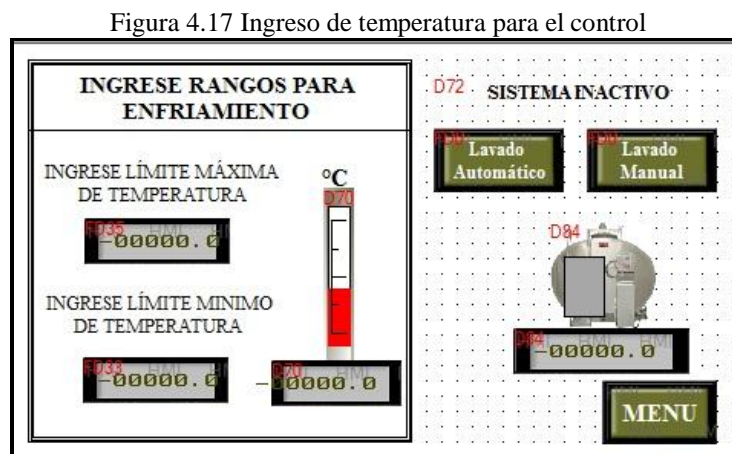
Tabla 4.4 Memorias asignadas para el lavado completo

			VF	VC	EV	AG	VD	AC	AL	ST	
<b>LAVADO COMPLETO</b>	ENJUAGUE 1	TIEMPO 1	D35	D35							
		TIEMPO 2			D36	D36					
		TIEMPO 3					D37				
	LAVADO 1	TIEMPO 1		D38						D38	
		TIEMPO 2			D39	D39					
		TIEMPO 3					D40				
	ENJUAGUE 2	TIEMPO 1		D41							
		TIEMPO 2			D42	D42					
		TIEMPO 3					D43				
	LAVADO 2	TIEMPO 1		D44					D44		
		TIEMPO 2			D45	D45					
		TIEMPO 3					D46				
	ENJUAGUE 3	TIEMPO 1		D47							
		TIEMPO 2			D48	D48					
		TIEMPO 3					D49				

Asignación de memorias para la salida en el lavado completo Elaborado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito.

El inicio del lavado sanitizado comienza cuando en la pantalla Touch es seleccionado el botón de sanitizado, este botón envía una marca M16 que realiza el inicio de la función de lavado, utiliza tres temporizadores que se encargan del lavado automático como muestra el Anexo 15.

Para las condiciones del enfriado automático, se adquiere el dato de la memoria configurada desde el HMI, estos datos se ubicarán como parámetros de mínimo y máximo de temperatura a controlar, el proceso controlara el encendido de los compresores y el agitador, como se aprecia en la Figura 4.17.



Parámetros de temperatura mínima y máxima para el control de enfriamiento, Elaborado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito.

El Anexo 15 muestra la codificación del PLC para iniciar con los procesos de enfriamiento automático ingresados desde la pantalla HMI.

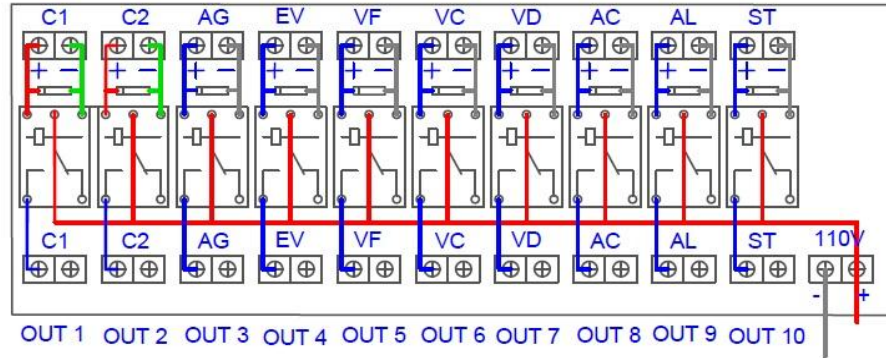
#### 4.5 Implementación física

Para la implementación del proyecto se toma en cuenta los requerimientos, de acuerdo con estos se realizarán las conexiones eléctricas y otros componentes físicos que se detallarán adelante.

##### 4.5.1 Sistema de encendido y apagado

Los diferentes actuadores para el sistema del tanque se encuentran conectados a la placa de control, cada relé de la placa es encendida por una salida digital del PLC, los actuadores funcionan de acuerdo con el proceso seleccionado por el controlador, la Figura 4.18 muestra el diagrama de conexión para la placa de relés y la Figura 3.18 se aprecia las conexiones eléctricas del PLC hacia los relés de control.

Figura 4.18 Conexiones de relés para control de encendido



Conexiones para el funcionamiento del sistema, Elaborado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito.

En la Figura 4.19 se muestra la implementación de la placa de control con relés, los actuadores se encuentran conectados a sus respectivas salidas, el sistema funciona a 24[VDC], el controlador realiza las operaciones programadas de acuerdo con la lectura de los datos de nivel y temperatura.

Figura 4.19 Placa de relés



Relés en funcionamiento para inicio de procesos, Elaborado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito.

En la Figura 4.20 se aprecia la conexión total del sistema, se encuentra la fuente de alimentación, placa de regulación de voltaje para ingreso de señales al PLC y entradas para las lecturas de nivel y peso hacia el PLC.

Figura 4.20 Conexión de fuente y placas

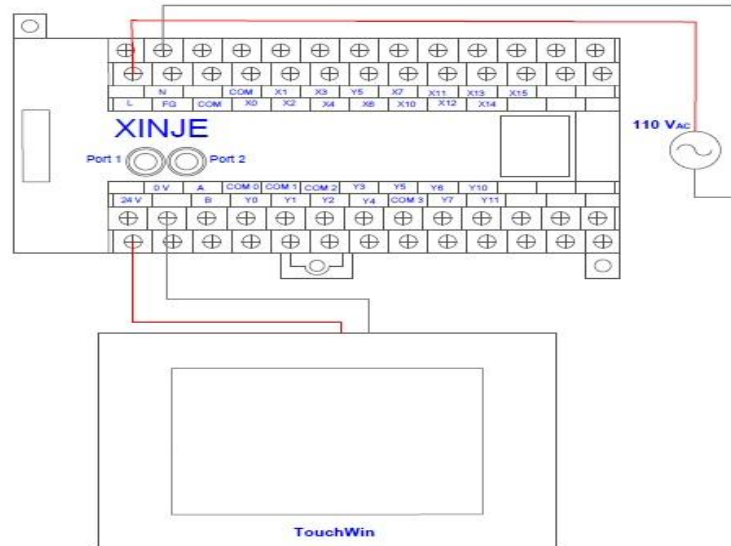


Conexiones listas para el funcionamiento, Elaborado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito.

## 4.5.2 Implementación y pruebas del HMI

El HMI se conecta a 24[VDC] que se obtiene de la salida del PLC, su conexión se muestra en la Figura 4.21, el HMI manda las ordenes de ejecución hacia el controlador, el mismo que inicia el proceso seleccionado y otorga datos de visualización de elementos activos hacia el HMI.

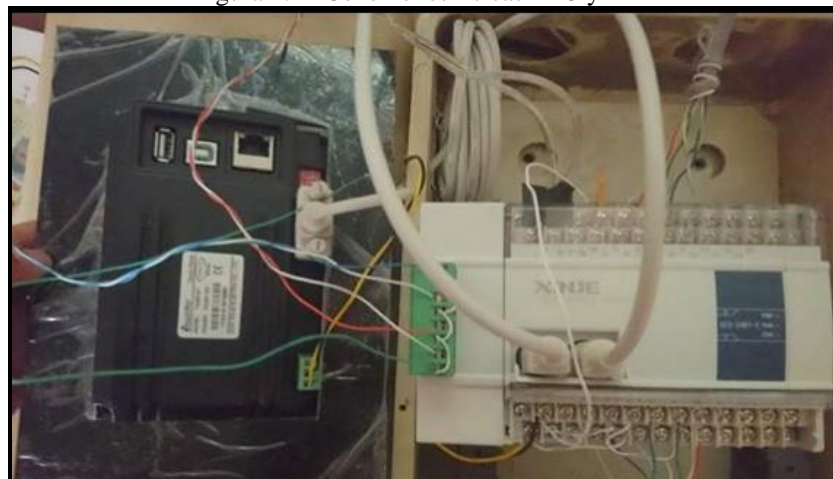
Figura 4.21 Conexión eléctrica de HMI al PLC



Conexión para el funcionamiento de la pantalla HMI, Elaborado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito.

La Figura 4.22 muestra la conexión física del PLC y el HMI, los dos se encuentran en funcionamiento y esperando órdenes.

Figura 4.22 Conexiones físicas PLC y HMI



Conexiones realizadas entre el cable de comunicación y alimentación del HMI, Elaborado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito.

El inicio del sistema de enfriamiento se muestra en la Figura 4.23, el sistema detecta que el tanque contiene el valor máximo de litros seteada para el inicio del enfriamiento, el sistema

enfria hasta alcanzar la temperatura mínima que igualmente es seteada desde la pantalla HMI.

Figura 4.23 Inicio de sistema de enfriamiento.



Compresores y agitador funcionando con el sistema de enfriamiento, Elaborado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito

#### 4.6 Sistema antiguo y sistema actual

La comparación se realiza entre los recursos humanos y materiales tanto en consumo antiguos como actual,

##### 4.6.1 Recursos utilizados

Lo manifestado por el Ingeniero Bolívar Peña, en el proceso antiguo, la cantidad de agua que ingresaba al tanque de leche era aleatoria, el mínimo de ingreso de agua por proceso era 230 litros; las tablas 4.5, 4.6 y 4.7 muestran el consumo de agua utilizado con el antiguo sistema, cada tabla registra su consumo total en el proceso, la asignación de los nombres para cada variable del proceso se observa en el Anexo 13, las variables Y representan la salida de activación del PLC.

Tabla 4.5 Consumo de sistema antiguo para lavado sanitizado

		Salida	Y4	Y5	
		Variable	VF	VC	LITROS
<b>LAVADO SANITIZADO</b>	Enjuague 1	TIEMPO 1			
		TIEMPO 2			
		TIEMPO 3			
	Lavado 1	TIEMPO 1		230	230
		TIEMPO 2			
		TIEMPO 3			
<b>TOTAL DE LITROS</b>					<b>230</b>

Litros de consumo antiguo para el lavado sanitizado, Elaborado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito

Tabla 4.6 Consumo de sistema antiguo para lavado simple

		Salida	Y4	Y5	
		Variable	VF	VC	LITROS
<b>LAVADO SIMPLE</b>	Enjuague 1	TIEMPO 1	115	115	230
		TIEMPO 2			
		TIEMPO 3			
	Lavado 1	TIEMPO 1		230	230
		TIEMPO 2			
		TIEMPO 3			
	Enjuague 2	TIEMPO 1		230	230
		TIEMPO 2			
		TIEMPO 3			
<b>TOTAL DE LITROS</b>					<b>690</b>

Litros de consumo antiguo para el lavado simple, Elaborado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito

El sistema actual presenta un control de llenado de agua a la misma medida, además de un menor consumo de agua que se establece en 200 litros, medida que es suficiente para lograr la dosificación y desinfección del tanque de leche.

Tabla 4.7 Consumo de sistema antiguo para lavado completo

		Salida	Y4	Y5	
		Variable	VF	VC	LITROS
<b>LAVADO COMPLETO</b>	Enjuague 1	TIEMPO 1	115	115	230
		TIEMPO 2			
		TIEMPO 3			
	Lavado 1	TIEMPO 1		230	230
		TIEMPO 2			
		TIEMPO 3			
	Enjuague 2	TIEMPO 1		230	230
		TIEMPO 2			
		TIEMPO 3			
	Lavado 2	TIEMPO 1		230	230
		TIEMPO 2			
		TIEMPO 3			
	Enjuague 3	TIEMPO 1		230	230
		TIEMPO 2			
		TIEMPO 3			
<b>TOTAL DE LITROS</b>					<b>1150</b>

Litros de consumo antiguo para el lavado completo, Elaborado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito

Las tablas 4.8, 4.9 y 4.10 presentan los datos de consumo de agua con el sistema actual, para su consumo durante cada proceso.



Tabla 4.8 Consumo actual para el lavado sanitizado.

		Salida	Y4	Y5	LITROS
		Variable	VF	VC	
<b>LAVADO SANITIZADO</b>	Enjuague 1	TIEMPO 1			
		TIEMPO 2			
		TIEMPO 3			
	LAVADO 1	TIEMPO 1		200	200
		TIEMPO 2			
		TIEMPO 3			
<b>TOTAL DE LITROS</b>					<b>200</b>

Litros de consumo con el nuevo sistema, Elaborado por: Ronnald Guachamin, Adrian brito

Tabla 4.9 Consumo de agua actual para el lavado simple

		Salida	Y4	Y5	LITROS
		Variable	VF	VC	
<b>LAVADO SIMPLE</b>	Enjuague 1	TIEMPO 1	100	100	200
		TIEMPO 2			
		TIEMPO 3			
	Lavado 1	TIEMPO 1		200	200
		TIEMPO 2			
		TIEMPO 3			
	Enjuague 2	TIEMPO 1		200	200
		TIEMPO 2			
		TIEMPO 3			
<b>TOTAL DE LITROS</b>					<b>600</b>

Litros de consumo de agua con el nuevo sistema, Elaborado por: Ronnald Guachamin, Adrian brito

Se realiza la comparación entre el sistema actual y el sistema antiguo para el consumo de agua en los lavados, en la tabla 4.11 se aprecia el consumo de agua para cada etapa de lavado para el tanque de leche, el lavado sanitizado consume la menor cantidad de litros de agua en el sistema actual.

La Figura 4.24 se muestra la comparación del consumo de agua del sistema antiguo y el nuevo sistema, el consumo de agua se mejora.

En la Figura 4.25 se aprecia el porcentaje de ahorro logrado para el consumo de agua en el sistema actual, existe un ahorro de recursos de agua del 13% en comparación al sistema antiguo.

Tabla 4.10 Consumo de agua actual para el lavado completo

		Salida	Y4	Y5	LITROS
		Variable	VF	VC	
<b>LAVADO COMPLETO</b>	Enjuague 1	TIEMPO 1	100	100	200
		TIEMPO 2			
		TIEMPO 3			
	Lavado 1	TIEMPO 1		200	200
		TIEMPO 2			
		TIEMPO 3			
	Enjuague 2	TIEMPO 1		200	200
		TIEMPO 2			
		TIEMPO 3			
	Lavado 2	TIEMPO 1		200	200
		TIEMPO 2			
		TIEMPO 3			
	Enjuague 3	TIEMPO 1		200	200
		TIEMPO 2			
		TIEMPO 3			
<b>TOTAL DE LITROS</b>					<b>1000</b>

Litros de consumo con el nuevo sistema, Elaborado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito

Tabla 4.11 Consumo antiguo y actual de agua

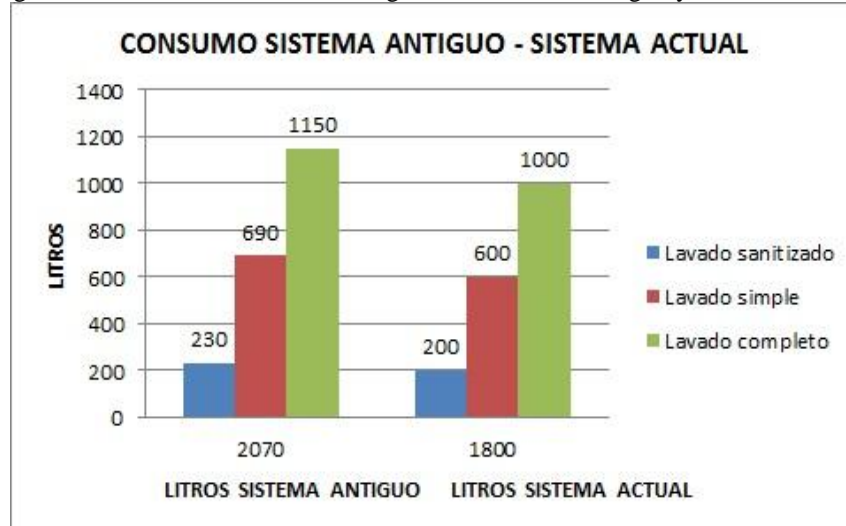
		Sistema antiguo	Sistema actual
<b>LITROS TOTALES</b>	Lavado Sanitizado	230	200
	Lavado simple	690	600
	Lavado Completo	1150	1000
<b>TOTAL</b>		<b>2070</b>	<b>1800</b>

Comparación de consumo de agua de cada sistema, Elaborado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito

En los recursos humanos, se tiene la asistencia de un operario del equipo, se compara el tiempo que este invertía para realizar los lavados con el sistema antiguo y la diferencia con el sistema actual

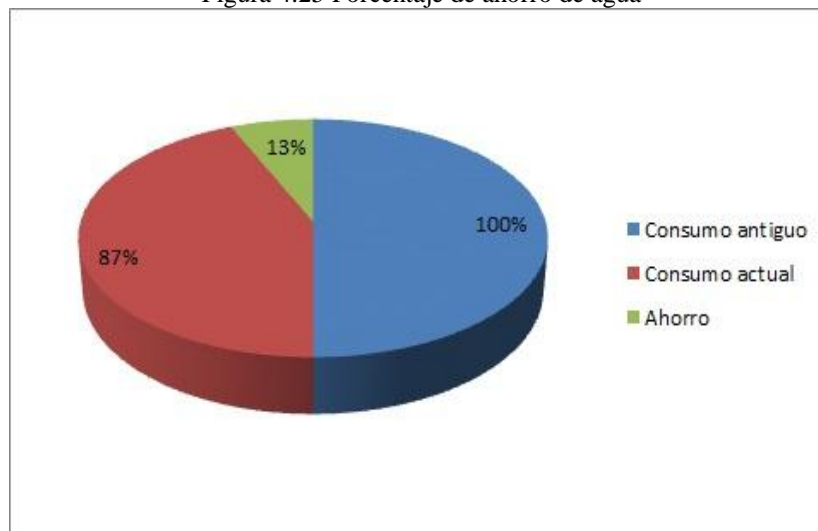
En la tabla 4.12 se aprecia la diferencia de tiempo invertido por el operario, mejora significativamente gracias a que el sistema actual no necesita la ayuda de un operario, solo se debe seleccionar el tipo de lavado y este se ejecuta solo.

Figura 4.24 Gráfica de consumo de agua con el sistema antiguo y el sistema actual.



Gráfica de comparación de consumo de agua entre el sistema antiguo y el sistema actual, Elaborado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito

Figura 4.25 Porcentaje de ahorro de agua



Porcentaje de ahorro con la implementación del nuevo sistema, Elaborado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito.

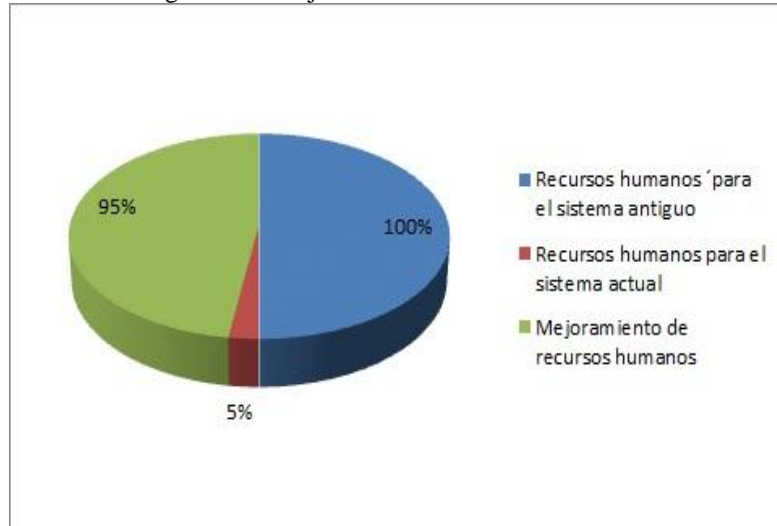
Tabla 4.12 Horas de uso de recursos humanos

		Sistema antiguo	Sistema actual
Horas operario	Lavado Sanitizado	0,3	0,02
	Lavado simple	1	0,02
	Lavado Completo	1.15	0,02
HORAS TOTALES		1,3	0,06

Comparación de tiempo de operario entre el sistema antiguo y el sistema actual, Elaborado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito.

La Figura 4.26 muestra el mejoramiento de los recursos humanos del sistema actual respecto al tiempo de trabajo del operador para los procesos de lavado, cuenta con un mejoramiento del 95% gracias a que el sistema implementado realiza todas las operaciones de manera automática.

Figura 4.26 Mejoramiento de recursos humanos



Optimización de recursos humanos por medios automáticos, Elaborado por: Ronald Guachamin, Adrian Brito.

## CONCLUSIONES

Se obtuvo las características técnicas de cada dispositivo en el tanque de leche, lo que facilitó la selección del tipo de controlador realizando además un mantenimiento preventivo y correctivo de los elementos del proyecto técnico

Se realizó el diseño del nuevo sistema automático de lavado, en el cual el controlador del tanque puede brindar mayores beneficios para la optimización de sus procesos, mayor rapidez de ejecución de los actuadores y lectura de datos a comparación del sistema anterior, convirtiéndose en un sistema escalable capaz de mejorar recursos humanos y materiales.

Comparando el sistema antiguo con el nuevo diseño implementado, se destaca el ahorro de recurso humano como se aprecia en la figura 4.26, la eficiencia del sistema se da por los procesos automáticos realizados y monitoreo del mismo, obteniendo un ámbito de productividad mayor al antiguo y una interfaz amigable para el correcto manejo del operario.

La implementación del proyecto cumplió con los requerimientos otorgados por la hacienda, con la caracterización del tanque se optimizó los procesos de lavado, obteniendo un 13% menos de consumo de recursos de agua y agentes químicos como se observa en la figura 4.25, mismo que se logró por medio de la implementación del programa del PLC, este garantiza el ingreso de la misma cantidad de agua y químicos de limpieza durante la ejecución de cada lavado.

Mediante el diseño del HMI, se pudo controlar la variable de temperatura y nivel del tanque, ejecutando ordenes en el PLC de acuerdo con su lectura, volviéndolo un sistema eficiente al trabajar con las señales en tiempo real y una interfaz que contenga facilidad de interpretación para cualquiera que se encuentre usándolo.

Las pruebas de desempeño del sistema muestran que hay mejora en los procesos que realiza el tanque como se observa en la Figura 4.25, con la adición de un sistema de enfriamiento mejorado, se llega a la conclusión que los sistemas mejorados realizan mayor control manteniendo la confiabilidad del sistema.

## **RECOMENDACIONES**

Para un mejoramiento del sistema de avisos, se puede implementar sensores de nivel para los tanques de ácido, alcalino y sanitizante permitiendo conocer si se requiere llenar nuevamente los tanques y no verificarlos de manera manual cada cierto tiempo, el aviso podrá ser observado desde la pantalla HMI.

Realizar la limpieza del tanque de acuerdo con los tiempos de ordeño tanto en la mañana como en la tarde, el lavado sanitizado debe realizarse 30 minutos antes de iniciar con el almacenamiento de leche, para eliminar residuos o impurezas dentro del tanque.

Realizar chequeos preventivos de las conexiones eléctricas y calibración de los sensores de temperatura y nivel cuando sean requeridos, para mantener la confiabilidad del sistema automatizado del tanque.

Para ampliar el sistema en forma escalable, se recomienda utilizar equipos de la misma marca para evitar errores o conflictos de funcionamiento en sistemas primario y ocasionar pérdidas de producción de leche.

## REFERENCIAS

- Á. H., J. G., J. M., & M. B. (2015). Teaching Control Engineering Concepts using Open Source tools on a Raspberry Pi Board. IFAC, 99-100.
- A. J., A. A., M. Z., & A. S. (2010). Analysis of different techniques to define metadata structure in NFC/RFID cards to reduce access latency, optimize capacity, and guarantee integrity. Department Information and Communicatios Engineering, University of Murcia Science Faculty, 193-195.
- Andrearrs. (15 de mayo de 2014). Hipertextual. Obtenido de <https://hipertextual.com/archivo/2014/05/que-es-api/>
- Automation, i. (2017). Unitronics Vision. Recuperado el 28 de 06 de 2017, de <http://www.i4automation.co.uk/v200.aspx>
- B. M., & J. R. (2015). Chapter 9 Serial Communications. En Industrial Process Automation Systems (págs. 307, 316, 319-322, 326-329). Kidlington, Oxford : Butterworth-Heinemann.
- Barsky, O. (1984). La Reforma Agriaria Ecuatoriana. Quito: Fraga.
- Benchoff, B. (28 de Febrero de 2016). Hackaday. Obtenido de <http://hackaday.com/2016/02/28/introducing-the-raspberry-pi-3/>
- Celma Guiménez, M., Casamayor Ródenas, J. C., & Mota Herranz, L. (2003). Sistemas de gestión de Bases de Datos. En Bases de datos Relacionales (págs. 20,25,109,124-126,243). Madrid: PEARSON EDUCACIÓN S.A.
- Electronic, X. (01 de 2016). TouchWin. Recuperado el 03 de 07 de 2017, de <http://techdesign.com.ec/techw/wp-content/uploads/2016/01/TH-series-HMI.pdf>
- Foundation, P. S. (12 de Febrero de 2001-2017). Phyton Documentación. Obtenido de <https://docs.python.org/3/license.html>
- García Hurtado, M. (2013). Recepción y almacenamiento de la leche y otras materias primas. Madrid : IC Editorial.
- Germán Corona Ramírez, L. A. (2014). Sensores y actuadores. Grupo Editorial Patria.

- Gonzales, D. R. (2006). Serial peripheral interfacing techniques. Motorola Inc., 5,6,8.
- González, A. (2011). Gestión de bases de datos. Bogotá: Ra-ma.
- Google Maps. (Diciembre de 2016). Google Maps. Obtenido de [https://www.google.com.ec/maps/place/Universidad+Polit%C3%A9cnica+Salesiana+\(Sur\)/@-0.2809629,-78.5506613,16z/data=!4m8!1m2!2m1!1suniversidad+politecnica+salesiana+campus+sur!3m4!1s0x0:0x71cbab6b6dcb5b6a!8m2!3d-0.2819741!4d-78.5496283](https://www.google.com.ec/maps/place/Universidad+Polit%C3%A9cnica+Salesiana+(Sur)/@-0.2809629,-78.5506613,16z/data=!4m8!1m2!2m1!1suniversidad+politecnica+salesiana+campus+sur!3m4!1s0x0:0x71cbab6b6dcb5b6a!8m2!3d-0.2819741!4d-78.5496283)
- IMMSAC. (2013). Ingeniería metal mecánica. Obtenido de <http://www.immsac.pe/index.php?p=2&idc=1&idsc=13>
- Invesquia. (2017). Agitación y mezcla. Obtenido de <http://www.iqdinvesquia.com/equipos-y-suministro/agitacion-y-mezcla/>
- Kugelstadt, T. (2011). Extendig the SPI bus for long-distance communication. Texas Instruments Incorporated, 16.
- Lockhart, T. (1996). Guía del Programador de PostgreSQL. Berkeley, California, USA.
- López, J. G., Fernández, E. V., & García, A. A. (2010). Diseño y Creación de Portales Web. Madrid: Starbook.
- MakePolo. (2013). Wuxi Xinje Electronic. Recuperado el 03 de 07 de 2017, de <http://1276490.en.makepolo.com/products/XINJE-Touchwin-HMI-touch-screen-panel-p96407054.html>
- Mandeep Kaur, M. S. (2011). RFID Technology Principles, Advantages, Limitation and Its Applications. International Journal of Computer and Electrical Engineering, 151-154.
- Moreno, M. (s.f.). CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC). Recuperado el 29 de 06 de 2017, de <http://www.microautomacion.com/capacitacion/Manual061ControladorLgicoProgramablePLC.pdf>
- Packo. (2017). Tanques de refrigeración de leche vertical. Obtenido de [http://www.packocooling.com/es/productos/packo-refrigeracion-de-leche/packo-tanques-de-refrigeracion-de-leche-](http://www.packocooling.com/es/productos/packo-refrigeracion-de-leche/packo-tanques-de-refrigeracion-de-leche/packo-tanques-de-refrigeracion-de-leche-)



cerrados/tanques-de-refrigeracion-de-leche-con-expansion-directa/tanques-de-refrigeracion-de-leche-vertic

Pacovské. (2013). Tecnología y equipos de enfriamiento. Obtenido de <http://www.pacovske.cz/sp/homepage/default/2613/lineas-para-el-enfriamiento-y-almacenamiento-de-leche>

Peña, I. B. (17 de 05 de 2017). Entrevista el dueño de la hacienda. (A. B. Ronald Guachamin, Entrevistador)

R. F. (2012). RaspberryShop. Obtenido de <https://www.raspberryshop.es/>

TechDesign. (08 de 04 de 2016). PLC XINJE con procesador MITSUBISHI. Recuperado el 29 de 06 de 2017, de <http://techdesign.com.ec/techw/plcs-siemens-s7-1200-xinje-mitsubishi/>

UPM. (06 de 2009). Ordeño Mecánico. Recuperado el 26 de 06 de 2017, de <http://ocw.upm.es/produccion-animal/ordeno-mecanico/>

## ANEXOS

Anexos 1: Entrevista al Ingeniero Bolívar Peña para determinar las fallas y malos funcionamientos del sistema de lavado antiguo.

1. ¿La hacienda desde que año implemento el ordeño automático?

Se implementó desde el año 2011

2. ¿Cuánto mejoro el ordeño con el automatizado?

Tuvo un gran mejoramiento, porque reduce personal, mejora los tiempos de ordeño y una mayor calidad de leche ya que contiene con menor conteo bacteria.

3. ¿Cuántos litros diarios entrega a las pasteurizadoras?

La producción diaria del ordeño de leche se encuentra entre 3300 a 3800 litros

4. ¿Cuáles son los procesos hasta entregar la leche desde que les ubican a las vacas?

- Aseo de las vacas
- Succión
- Envió al tanque (Recolección)
- Almacenamiento
- Enfriamiento
- Entrega

5. ¿Cuántas vacas ordeñan diariamente?

Diariamente se ordeñan entre 180 a 200 vacas

6. ¿Proceso de almacenaje y enfriamiento de la leche que tiempo se demoran y cuántas veces al día?

Los procesos se realizan a la par es decir después de la recolección se almacena la leche en el tanque y al mismo tiempo se enfría conforme varíe su temperatura, estos procesos toman un tiempo de una hora y media a dos horas, se realiza dos veces al día.

7. ¿El proceso de limpieza de los tanques es automático?

El proceso se encuentra obsoleto por lo que no es automático.

8. ¿Qué sucedió con el sistema automático?

Averías en software y hardware.

9. ¿El proceso de lavado de los tanques cuantas etapas tiene?

Son dos etapas de lavado (lavado completo y lavado sanitizante), una etapa se realiza después del retiro de la leche y la otra antes de empezar con el ordeño, cada etapa consta de los siguientes ciclos:

- Enjuague (Desleche)
- Agua dosificada con químico (Alcalino)
- Recirculación
- Drenado
- Ingreso de agua tibia
- Recirculación
- Drenado.

10. ¿Qué tiempo en promedio se demora el lavado del tanque?

El lavado se realiza aproximadamente dos horas puesto que el proceso se realiza manual.

11. ¿Qué parte del sistema automatizado anterior aun continua en funcionamiento?

El enfriamiento, aunque muestra daños en los indicadores.

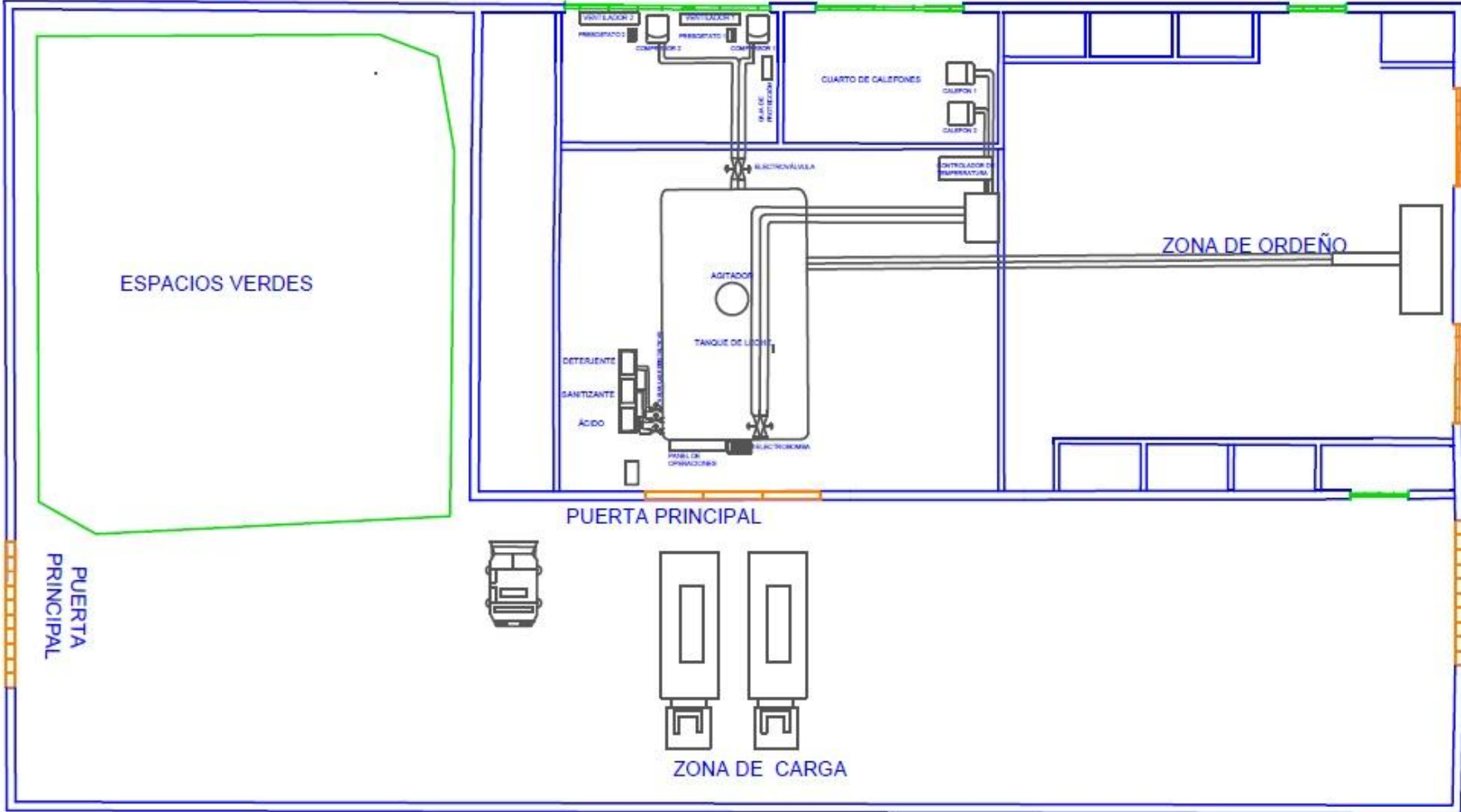
12. ¿Existe un manual sobre el proceso de este lavado?

Si existe un manual, la empresa tiene sus indicaciones de lavado y operación

13. ¿Qué desea mejorar del sistema implementado anteriormente?

Interacción entre la producción de la leche en cantidad y conocimiento de la temperatura, fácil manejo y acceso a la información.

Anexo 2: Plano de ubicación de la ordeñadora en la hacienda San Agustín



Anexo 3: Características del Moto-reductor del tanque de leche.

Características	Observación
Modelo	RB 0.15 E.T
Voltaje	220 [V]
Frecuencia	50 HZ
CV.	0.15
Corriente	0.6 [A]
RPM1°	1500
RPM2°	32
AI SL.	CL/F

Anexo 4: Características técnicas de la bomba bluffton.

Características	Observación
Modelo	Bomba bluffton.
Voltaje	208-230/460 [V]
Frecuencia	60 [Hz]
FLA.	4.5-4.8/2.4
SF	1.3

Anexo 5: Características de la Bomba peristáltica

Características	Observación
TYPE	TCI-60243600
DC	24 [V]
NO.	706120005

Anexo 6: Características de la electroválvula

Características	Observación
Modelo	1,0 [A]
Voltaje	24 [V]
Límite de tensión	± 5%
Temperatura ambiente	-30 ± 40 °C
Consumo eléctrico	1,0 [A]

Anexo 7: Elementos de la placa de control

Características	Observación
13 relés	12 [A] 125 [VAC]
13 diodos	4001
10 resistencias	5K
10 resistencias	10K
9 relés	24 [VDC]
Transformador	220 -120 [V]
Puente de Diodos	CL/F
Transformador	220 – 24 [V]
Fuente PLC	24 [V] 3[A]

Anexo 8: Características del PLC Unitronic V200-18-E1B

Características	Observación
Modelo	V200-18-E1B
Digital Input	24 [VDC]
Analog Input	0-10 [VDC], 0-20 [mA], 4-20 [mA]
Digital Output	3x DC 24[V] pnp / npn, 0.5 [A]. 10 x RELAY [VDC] 12/24 [V], AC 240 [V].

Anexo 9: Características del tanque

Características	Observación
Modelo	Rodeg RDF
Capacidad	6000 Lt.
Potencia	2 x 4.5 HP
Número de equipo	1745
Fecha de fabricación	7 de diciembre del 2011

Anexo 10: Requerimientos para el lavado simple del tanque.

X → Representa el elemento de activación durante la etapa de lavado, la asignación del nombre del elemento a cada variable se aprecia en el Anexo13.

			VF	VC	EV	AG	VD	AC	AL	ST	
<b>LAVADO SIMPLE</b>	ENJUAGUE 1	TIEMPO 1	X	X							
		TIEMPO 2			X	X					
		TIEMPO 3					X				
	LAVADO 1	TIEMPO 1		X						X	
		TIEMPO 2			X	X					
		TIEMPO 3					X				
	ENJUAGUE 2	TIEMPO 1		X							
		TIEMPO 2			X	X					
		TIEMPO 3					X				
	LAVADO 2	TIEMPO 1									
		TIEMPO 2									
		TIEMPO 3									
	ENJUAGUE 3	TIEMPO 1									
		TIEMPO 2									
		TIEMPO 3									

Anexo 11: Requerimientos para el lavado completo del tanque.

X → Representa el elemento de activación durante la etapa de lavado, la asignación del nombre del elemento a cada variable se aprecia en el Anexo13.

			VF	VC	EV	AG	VD	AC	AL	ST	
<b>LAVADO COMPLETO</b>	ENJUAGUE 1	TIEMPO 1	X	X							
		TIEMPO 2			X	X					
		TIEMPO 3					X				
	LAVADO 1	TIEMPO 1		X						X	
		TIEMPO 2			X	X					
		TIEMPO 3					X				
	ENJUAGUE 2	TIEMPO 1		X							
		TIEMPO 2			X	X					
		TIEMPO 3					X				
	LAVADO 2	TIEMPO 1		X					X		
		TIEMPO 2			X	X					
		TIEMPO 3					X				
	ENJUAGUE 3	TIEMPO 1		X							
		TIEMPO 2			X	X					
		TIEMPO 3					X				

Anexo 12: Requerimientos para el lavado sanitizado del tanque.

X → Representa el elemento de activación, las variables se aprecian en el Anexo13.

			VF	VC	EV	AG	VD	AC	AL	ST	
<b>LAVADO SANITIZADO</b>	ENJUAGUE 1	TIEMPO 1									
		TIEMPO 2									
		TIEMPO 3									
	LAVADO 1	TIEMPO 1		X							X
		TIEMPO 2			X	X					
		TIEMPO 3					X				
	ENJUAGUE 2	TIEMPO 1									
		TIEMPO 2									
		TIEMPO 3									
	LAVADO 2	TIEMPO 1									
		TIEMPO 2									
		TIEMPO 3									
	ENJUAGUE 3	TIEMPO 1									
		TIEMPO 2									
		TIEMPO 3									

Anexo 13: Nombre de elementos y siglas asignadas para los requerimientos.

NOMBRE DEL ELEMENTO	SIGLA
Válvula de agua fría	VF
Válvula de agua caliente	VC
Electrobomba	EV
Agitador	AG
Válvula de desague	VD
Válvula de detergente ácido AC 55-5	AC
Válvula de limpiador alcalino líquido clorado	AL
Válvula de líquido desinfectante a base de amonio cuaternario para la industria de alimentos - Sanitizado	ST

Anexo 14: Costo de realización del proyecto técnico.

AUTOMATIZACIÓN DEL TANQUE DE LECHE DE LA HACIENDA SAN AGUSTÍN					
		PRESUPUESTO			
Rubro	Descripción de Rubro	Uni	Cantidad	Prec. Unit.	Subtotal
Tecnología	Touch Panel 4.3" X-TG465-ET	1	1	\$ 428,00	\$ 428,00
Tecnología	PLC 14IN 24VDC, 10 Out X-C3-24RT-E	1	1	\$ 251,00	\$ 251,00
Tecnología	Cable de Comunicación Usb RS-232-X-CAB-USB	1	2	\$ 21,00	\$ 42,00
Tecnología	Cable Usb URS-232 DB-9	1	1	\$ 11,20	\$ 11,20
Tecnología	Cable de comunicación Serial DBP	1	1	\$ 21,00	\$ 21,00
Tecnología	Cable de red CAT 6	1	10	\$ 0,55	\$ 5,50
Tecnología	Termocupla PT100 tipo J	1	1	\$ 40,00	\$ 40,00
Tecnología	ED BOARD XC-2AD2DA-ED	1	1	\$ 205,00	\$ 205,00
Tecnología	Cable Usb	1	1	\$ 5,00	\$ 5,00
Tecnología	Cable flexible # 14	1	1	\$ 0,70	\$ 0,70
Tecnología	Relé 24 VDC 110VAC	1	5	\$ 0,90	\$ 4,50
Tecnología	Electroválvula 1 Pulgada Bronce	1	1	\$ 120,00	\$ 120,00
<b>Total</b>					<b>\$ 1.133,90</b>



## Anexo 15: Desarrollo del software del controlador

