



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo  
Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería  
Área Académica de Computación y Electrónica

---

LICENCIATURA EN INGENIERIA EN ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES

**Automatización del Proceso de Frutado y  
Batido de Yogurt  
Empleando un Controlador Lógico  
Programable y una Interface Hombre-Máquina**

TESIS  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
LICENCIATURA EN INGENIERIA EN ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES

PRESENTAN  
**ZAIRA SANCHEZ OMAÑA**  
**MIGUEL ANGEL ALONSO CANO**

DIRECTOR DE TESIS  
**M. en C. JUAN CARLOS GONZÁLEZ ISLAS**

Mineral de la Reforma, Hgo. México. Marzo 2014



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO**  
**INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA**  
**ÁREA ACADÉMICA DE COMPUTACIÓN**  
 Licenciatura en Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones

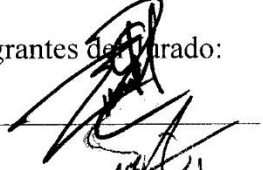
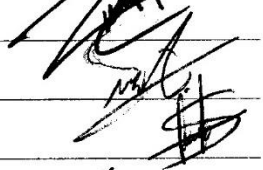
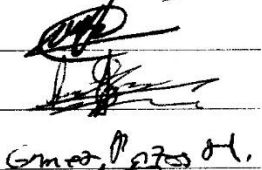
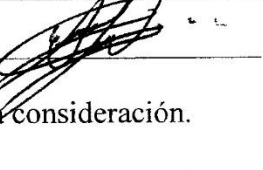
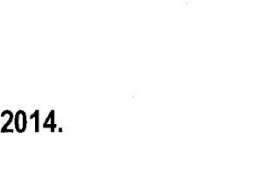

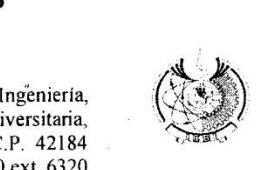
OFICIO EYT/052/13

**P.D.I.E.T. ZAIRA SÁNCHEZ OMAÑA**  
**P.D.I.E.T. MIGUEL ANGEL ALONSO CANO**

**P R E S E N T E**

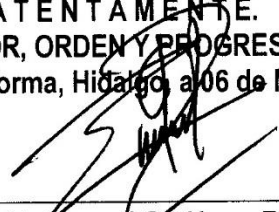
Por este conducto le comunico que el Jurado asignado al trabajo de titulación “AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE FRUTADO Y BATIDO DE YOGURT EMPLEANDO UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE Y UNA INTERFACE HOMBRE-MÁQUINA” y que después de revisarlo en reunión de sinodales, han decidido autorizar la impresión del mismo, hechas las correcciones que fueron acordadas.

A continuación se anotan las firmas de conformidad de los integrantes del Jurado:

PRESIDENTE:	Ing. Emmanuel Gutiérrez Rojas.	
PRIMER VOCAL:	M. en C. Juan Carlos González Islas	
SEGUNDO VOCAL:	Ing. Eleazar Domínguez Cortes	
TERCER VOCAL:	Ing. Mauricio Hernández Castillo	
SECRETARIO:	Ing. Claudio Iván Durán Marroquín	
PRIMER SUPLENTE:	Dr. Heberto Gómez Pozos	
SEGUNDO SUPLENTE:	Ing. Edgar Gómez Castillo	

Sin otro particular, le reitero a usted la seguridad y mi atenta consideración.

**ATENTAMENTE.**  
**“AMOR, ORDEN Y PROGRESO”**  
 Mineral de la Reforma, Hidalgo, a 06 de Marzo de 2014.

  
 \_\_\_\_\_  
**Ing. Emmanuel Gutiérrez Rojas**  
**Encargado del Despacho de la Coordinación**  
**Ing. en Electrónica y Telecomunicaciones**

C.c.p. Archivo



Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería,  
 Carretera Pachuca - Tulancingo Km. 4.5, Ciudad Universitaria,  
 Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México, C.P. 42184  
 Tel. +52 771 7172000 ext. 6320  
 grojas@uah.edu.mx



## Agradecimientos

Gracias papá y mamá por todo el amor y apoyo que me brindaron durante todos estos años en los que fui estudiante, ahora iniciamos una etapa en la que podemos ver los frutos de nuestro esfuerzo y dedicación. Sin ustedes nunca lo hubiera logrado, les agradezco que sobre todas las cosas vean por mi hermana y por mí y que día con día nos sigan guiando. A mi hermana que es mi mejor amiga, gracias también por estar siempre conmigo; nunca olvidare todas nuestras aventuras desde del kínder hasta la universidad, en donde tuvimos que vivir lejos de nuestros papás para lograr nuestros sueños. A mis cachorros Twister y Brooklin que son mis hermanitos, pues aunque no hablan siempre me demuestran su cariño, me escuchan atentamente cuando les platico como me va y porque siempre al llegar de la escuela me recibieron con brincos.

A Miguel Alonso por compartir conmigo la mejor etapa de estudiante de mi vida. Gracias por tu apoyo y comprensión y por ser además mi compañero de aventuras. También agradezco a toda mi familia, todos mis profesores y amigos, los cuales es difícil nombrar a cada uno pero que sin duda han marcado mi vida para bien.

Pero sobre todo, gracias a Dios, que ha sido bueno conmigo y con mi familia.

*“Todo lo puedo en Cristo que me fortalece”* Filipenses 4:13

Zaira

Hace cuatro años emprendimos un camino maravilloso en la búsqueda de la riqueza más pura del universo “el conocimiento” durante todo este tiempo tuvimos muchas experiencias satisfactorias no solo en el ámbito profesional, también nos nutrimos como personas de valores para la sociedad, lo anterior no pudo haber sido posible sin la compañía moral e intelectual de nuestros padres, hermanos, maestros y compañeros. Gracias a Zaira Sánchez que siempre me motivaba a cumplir en tiempo y forma a todos los compromisos escolares, gracias a mis padres por brindarme la oportunidad de terminar una carrera universitaria, gracias a Juan Carlos González por orientar mi camino hacia el maravilloso mundo de la ingeniería. Agradezco también a mis compañeros más destacados de esta generación por brindarme su amistad y filosofía de vida: Crys Uribe, Gonzalo Franquiz y Max Vargas.

Miguel Alonso

## **Resumen**

Este proyecto se centra en el marco de la automatización de procesos productivos, en particular se diseña, simula e instrumenta un sistema de automatización para el proceso de frutado y batido de yogurt natural, en el cual se utiliza como procesador central del sistema un Controlador Lógico Programable (PLC) que funciona como una interfaz de elementos de entrada y salida, como son sensores de presión, bombas neumáticas, válvulas, luces piloto y un variador de frecuencia que funciona a su vez como un procesador secundario, el cual comanda la velocidad de rotación del motor que se encarga de realizar el proceso de mezclado y batido. Finalmente la interacción con el operador se lleva a cabo con una HMI (Human-Machine Interface). El sistema se instrumentó, se probó y se puso en marcha en la empresa Lactel, obteniendo resultados que demuestran que se puede aumentar la productividad y reducir costos del proceso de frutado y batido de yogurt natural que anteriormente tenía un método de producción manual.

Palabras clave: automatización, control, adquisición de datos, HMI, PLC, SCADA, mezclado y batido de yogurt.

## **Abstract**

This is a project to be the center of the framework of production for the process of automation, in particular it is design, simulated and instrument an automation system for de process of mixed and flap of yogurth, which will be used as a central processor of all system a Programmable Logic Controller (PLC) to work as interlocutor of in and out elements, as pression sensor, neumatic piston, valves, pilot lamps and a frequency variator to work a secondary processor to command a motor velocity rotation in charge of making the process of mixing and flapping. Finally, it will be used to touch HMI screen as the user interface. The system was instrumented, tested, proved and worked in Lactel enterprise, we got results that showed that it could to increase the productivity and reduce the cost of the process of mixed and flap of natural yogurth compared to the previously handmade production.

Key Words: automation, control, data acquisition, HMI, PLC, SCADA, mixed and flap yogurt.

## ÍNDICE GENERAL

Agradecimientos .....	I
Resumen.....	II
Abstract .....	III
CAPITULO I INTRODUCCION .....	1
1.1 Planteamiento del Problema.....	2
1.2 Justificación.....	3
1.3 Objetivo General .....	3
1.3.1 Objetivos Específicos.....	3
1.4 Hipótesis.....	4
1.5 Alcances y Limitaciones del Proyecto .....	4
1.7 Estructura de tesis .....	5
1.8 Estado del Arte.....	5
CAPITULO II MARCO TEORICO .....	6
2.1 Introducción .....	6
2.2. Tipos de Automatización .....	6
2.3 Elementos de Automatización.....	7
2.3.1 Sensores.....	7
2.3.1.1 Características de Sensores .....	8
2.3.1.2 Resolución y Precisión .....	9
2.3.1.3 Tipos de sensores .....	9
2.3.2 Actuadores.....	12
2.3.2.1 Actuadores Neumáticos .....	13
2.3.2.2 Actuadores Eléctricos.....	15
2.3.3 Controladores .....	20
2.3.3.1 Controlador Lógico Programable.....	20
2.3.3.2 HMI (Interfaz Hombre-Máquina) .....	27
2.3.3.2 Variador de frecuencia .....	29
2.4 Protocolos de Comunicación.....	31
2.4.1 Profibus .....	32
2.4.1 ProfiNET .....	33
2.5 Normalización y estándares de protección del proyecto.....	34
2.5.1 Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) .....	34
2.5.1.1 Estándares de protección IP .....	35
2.5.1.2 Estándares de protección NEMA .....	35
CAPITULO III CUADRO ELECTRICO PARA EL CONTROL DEL PROCESO DE MEZCLADO Y BATIDO DE YOGURT Y FRUTA.....	38
3.1 Introducción .....	38

3.2 Diagrama de Distribución de planta.....	40
3.3 Diagrama Unifilar del Cuadro Eléctrico .....	41
3.4 Descripción de los componentes del sistema (vista interior) .....	42
3.5 Descripción de los componentes del sistema (vista exterior) .....	46
3.5.1. PLC Siemens S7-1200 1212C.....	50
3.6 Lógica de Programación .....	51
3.7 Programación del PLC .....	53
3.7.1 Descripción de la secuencia de programación .....	54
3.8 Banderas entre PLC y HMI.....	57
CAPITULO IV ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS .....	58
4.1 Puntos de Control del Proyecto.....	58
4.2 Costos del Proyecto.....	59
4.3 Análisis y Resultados .....	59
4.4 Trabajo Futuro.....	60
4.5 Aplicación de Asignaturas del Programa educativo .....	61
4.6 Experiencias Educativas Aterrizadas a la Industria .....	61
CONCLUSIONES .....	63
Referencias.....	64

## INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.1 proceso previo al batido y frutado del yogurt .....	2
Ilustración 2. 1 Comparación de presiones en dos puntos del tanque.....	11
Ilustración 2. 2 Sensor de presión IFM PX9118.....	11
Ilustración 2. 3 Clasificación de actuadores. ....	12
Ilustración 2. 4 Bomba neumática de doble diafragma.....	13
Ilustración 2. 5 Cilindro electropneumático de doble efecto .....	14
Ilustración 2. 6 Relevadores electromagnéticos para riel DIN marca Finder.....	15
Ilustración 2. 7 Motorreductor SIEMENS MOTOX 2.2kW y mecanismo sin fin-corona.....	16
Ilustración 2. 8 Interruptor Termomagnético de 3 Polos SIEMENS .....	17
Ilustración 2. 9 Contactor de 3 fases SIEMENS con contactor auxiliar NO.....	18
Ilustración 2. 10 Guardamotor de 3 fases marca Moeller .....	18
Ilustración 2. 11 Luces Piloto.....	19
Ilustración 2. 12 Interruptor principal y de seguridad (hasta 250A) .....	19
Ilustración 2. 13 Interruptor de paro de emergencia tipo hongo .....	19
Ilustración 2. 14 PLC modular .....	23
Ilustración 2. 15 Estructura de un Autómata Programable (PLC) .....	25
Ilustración 2. 16 Tabla de símbolos de lenguaje ladder .....	27
Ilustración 2. 17 Estructura Ladder .....	27
Ilustración 2. 18 Interfaces HMI Siemens .....	28
Ilustración 2. 19 Diagrama de un sistema VFD.....	31
Ilustración 2. 20 Familia de variadores Mcromaster de Siemens .....	31
Ilustración 2. 21 Segmentación de red usando Profibus y Profinet .....	33
Ilustración 2. 22 Tabla de grados de protección IP.....	36
Ilustración 2. 23 Tabla de grados de protección NEMA.....	37
Ilustración 3. 1 Diagrama a bloques del proceso de mezclado y batido de yogurt.....	39
Ilustración 3. 2 Diagrama de planta del mezclado y batido de yogurt con fruta .....	40
Ilustración 3. 3 Diagrama unifilar eléctrico del mezclado y batido de yogurt con fruta .....	41
Ilustración 3. 4 Diseño esquemático del cuadro eléctrico.....	42
Ilustración 3. 5 Fotografía de la vista interior del gabinete.....	43
Ilustración 3. 6 Vista frontal del cuadro eléctrico.....	46
Ilustración 3. 7 Fotografía de la vista frontal del gabinete.....	47
Ilustración 3. 8 PLC Siemens S7-1200.....	50



Ilustración 3. 9 Diagrama de flujo de programación del PLC para el proceso de batido y frutado de yogurt .....	51
Ilustración 3. 10 Diagramas de flujo de las subrutinas de programación.....	52
Ilustración 3. 11 segmento de programación 1 y 2 .....	54
Ilustración 3. 12 Segmento de programación 3 .....	54
Ilustración 3. 13 Segmento de programación 5 .....	55
Ilustración 3. 14 segmento de programación 7 .....	55
Ilustración 3. 15 Segmento de programación 9 .....	55
Ilustración 3. 16 Segmento de programación 11 .....	56
Ilustración 3. 17 Segmento de programación 12 .....	56
Ilustración 3. 18 Segmento de programación 14 .....	56
Ilustración 3. 19 Pantalla de selección de tanque .....	57
Ilustración 4. 1 Costos de equipos de control.....	59
Ilustración 4. 2 Puntos de control del proyecto Lactel.....	58

# **CAPITULO I**

## **INTRODUCCION**

El control automático ha desempeñado una función vital en el avance de la ingeniería y la ciencia. En años recientes se ha vuelto una parte importante e integral de los procesos modernos industriales y de manufactura. Por ejemplo, el control automático es esencial en las operaciones industriales como el control de presión, temperatura, humedad, viscosidad y flujo en las industrias de proceso [1].

Actualmente México está experimentando un desarrollo tecnológico que ha llevado a las industrias a avanzar por el camino de la automatización, una disciplina de la ingeniería que reduce ampliamente la necesidad sensorial y mental del humano en la mecanización de los procesos industriales.

La automatización de la industria láctea mexicana está instrumentando sistemas de refrigeración con control de temperatura en lazo cerrado, sistemas de agitación basados en la teoría de mecánica de fluidos, cambiando válvulas convencionales a electroválvulas e implementando tecnologías de limpieza sin desconexión de equipos conocido como CIP (Cleanning In Place). Las ventajas de estos sistemas son claras pues se traducen en entregas de leche con altos estándares de calidad y los sistemas de control electrónico son clave para lograrlo [2].

## 1.1 Planteamiento del Problema

En la empresa Lactel del sector alimenticio lácteo, existen muchas deficiencias tecnológicas que van desde la ordeña de las vacas y el almacenamiento de la leche, hasta la producción y envasado de yogurt con fruta. Derivado de que el proceso depende de la inspección visual y sensorial del ser humano, existen variaciones en el sabor y la calidad del producto entre lotes.

Otro de los problemas es el tiempo de ejecución de la mezcla, el esfuerzo mecánico del sistema depende de la fuerza del operador.

Dicha empresa se encuentra ahora en el proceso de automatización de maquinaria para lo cual en la primera etapa del proyecto se propone la instrumentación del proceso de batido y frutado de yogurt el cual se muestra en la figura 1.1. Se supone para este proceso que el yogurt en estado natural y la fruta están en depósitos previos al tanque en donde se efectúa el mezclado y frutado, dicho proceso será controlado por un PLC (Programable Logic Controller). Este tanque después de terminar de mezclar el yogurt vaciará el contenido en otro depósito para su envasado, proceso que queda fuera de este trabajo.

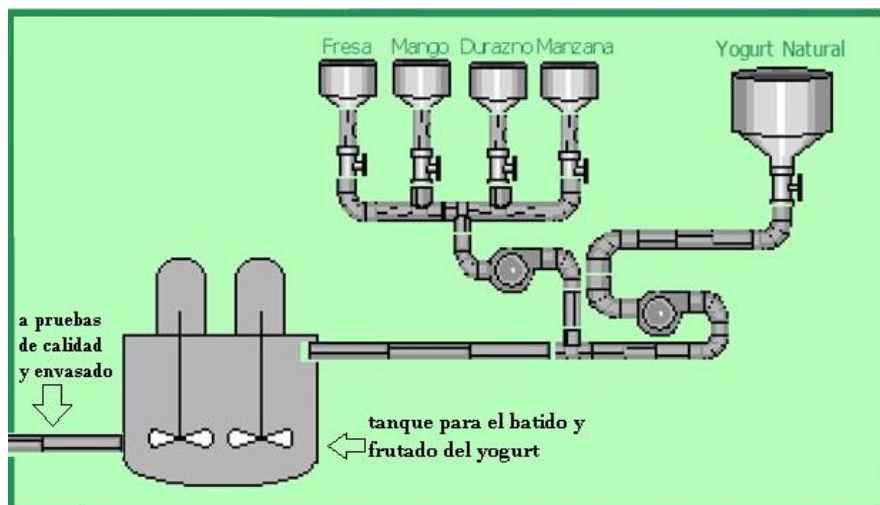


Ilustración 1.1 proceso previo al batido y frutado del yogurt

## 1.2 Justificación

Las máquinas sustituyen los trabajos pesados y peligrosos que realiza el hombre, lo que de manera positiva provoca reducción de riesgos para la salud del operador. Por otro lado la empresa aumenta su productividad, calidad y competitividad.

Por lo anterior se deben implementar tecnologías vanguardistas en el sector industrial Mexicano para poder competir a nivel mundial. Al lograr este objetivo, las empresas mexicanas podrán adquirir nuevas certificaciones y estándares internacionales de calidad, lo cual les abre las puertas a la exportación de sus productos. Razón por la cual proponemos la automatización de maquinaria de la empresa antes mencionada, basada en autómatas programables con HMI (Human-Machine Interface), con el objetivo de lograr reducir costos y tiempos de operación y producción gracias a la respuesta en tiempo real y a la inspección en lazo cerrado del sistema, todo esto sin sacrificar la calidad del producto final “yogurt con fruta”. Al automatizar el proceso se logrará una mezcla uniforme, el sabor de dicha mezcla no varía, no se desperdicia producto y el tiempo de limpieza de los tanques será menor.

## 1.3 Objetivo General

Automatizar el proceso de batido y frutado de yogurt natural a través de la adquisición y procesamiento de señales mediante un PLC y un sistema SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), para aumentar la productividad y disminuir los costos de producción.

### 1.3.1 Objetivos Específicos

- Diseñar la configuración física del sistema mediante un CAD (Computer Aided Design).
- Estructurar el cableado del sistema en un cuadro eléctrico de dimensiones definidas en el CAD.
- Programar la rutina del sistema en el Autómata programable y vincular el autómata a un HMI, implementando metodología SCADA
- Probar el funcionamiento y puesta a punto del sistema.

## 1.4 Hipótesis

Al instrumentar un sistema de Automatización basado en tecnologías industriales actuales tales como PLC, HMI, redes de datos industriales ProfiNET y por ende sistemas SCADA, se incrementará el nivel de producción y de competitividad de una industria alimenticia láctea que procesa de manera artesanal el proceso de batido y frutado del yogurt.

## 1.5 Alcances y Limitaciones del Proyecto

Se plantea el diseño, la integración y la puesta en marcha de un sistema que permite hacer diferentes mezclas de yogurt, dichas mezclas tienen la capacidad de cambiar el concentrado de fruta (variar la densidad del producto final) así como de tipo de fruta.

La etapa de diseño implica realizar un análisis eléctrico y mecánico de los componentes a integrar en el gabinete de control, sistema que funciona bajo normas específicas de la industria alimenticia, para lo cual hemos realizado un diseño espacial preliminar en un programa de CAD.

La construcción de este gabinete de control o cuadro eléctrico contempla el uso de un PLC como procesador central de todo el sistema, el cual funciona como una interfaz de elementos de entrada y salida, los elementos de entrada están definidos por variables y constantes que el usuario podrá manipular a través de una pantalla táctil colocada en la parte frontal del gabinete de control. Algunos de los elementos de salida son: bombas neumáticas, válvulas, luces piloto y un variador de frecuencia que funciona como un procesador secundario que comanda la velocidad de rotación del motor que se encarga de realizar el proceso de mezclado y batido. Se utiliza también un estándar de comunicación basado en TCP/IP denominado PROFINET tecnología que está desplazando a PROFIBUS.

Dentro de las limitaciones de este proyecto se encuentran que el PLC no cuenta con un módulo Profibus (el cual se podría adaptar en el futuro) para lograr una perfecta sincronización con el variador de frecuencia, de tenerse lo anterior, se controlaría en tiempo real variables del motor como velocidad, frecuencia, fase, entre otras.

Las válvulas en este momento son de activación manual, por lo cual requieren una confirmación humana de cierre o apertura, la cual se realizara en el HMI.

## 1.7 Estructura de Tesis

Este trabajo de tesis se divide en 4 capítulos. En el capítulo I se presentan las bases metodológicas en las que se fundamenta este trabajo, así como los aspectos formales de la elaboración del trabajo de tesis. En el capítulo II se describen las bases teóricas del proyecto.

A partir del capítulo III se encuentra la metodología de elaboración del proyecto físico, en el capítulo IV se realiza un análisis y discusión de resultados.

## 1.8 Estado del Arte

El mezclado es una operación universal en la industria. Las operaciones de mezclado se usan con una gran variedad de propósitos. Entre ellos se encuentra la homogenización de materiales, la transferencia de calor, la dispersión de gases en líquidos, etc. Entre las industrias que emplean ampliamente el mezclado destacan aquellas que manejan materiales viscosos y de composición compleja. Algunas de las más importantes son las industrias de polímeros, *de alimentos*, de fermentación, farmacéutica y de cosméticos.

Para diseñar o proyectar bien un mezclador hay que tener en cuenta no solo el elemento mezclador sino también la forma del recipiente, un mezclador bien diseñado puede evitar un embotellamiento en la fabricación. Los mezcladores se agrupan en cinco clasificaciones primarias, mezcladores de flujos o corrientes, de paletas o brazos, de hélices o helicoidales y de turbinas o de impulsos centrífugos [3].

Para este proyecto se usa un mezclador de paletas que consiste en una o varias paletas horizontales, verticales o inclinadas unidas a un eje horizontal, vertical o inclinado que gira axialmente dentro del recipiente.

A pesar que las operaciones de mezclado se usan rutinariamente en la industria, su manejo es prácticamente empírico, en parte debido a que casi ningún programa curricular de ingeniería aborda la tecnología de mezclado. Este aspecto es aprendido frecuentemente por los fabricantes de equipo y en ocasiones impide tener un panorama crítico y general del tema. [4]

## CAPITULO II

# MARCO TEORICO

### 2.1 Introducción

La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos. La implementación de un sistema autónomo puede otorgar beneficios significativos a las empresas que los adopten.

Un sistema automatizado consta de *La Parte Operativa* que actúa directamente sobre la máquina, con elementos que hacen que se mueva y realice la operación deseada. Estos elementos pueden ser actuadores como motores, cilindros, compresores y captadores como fotodiodos, finales de carrera, etc.

*La Parte de Mando* suele ser un autómatas programable, aunque hasta hace poco se utilizaban relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas, módulos lógicos o neumáticos. En un sistema de fabricación automatizado el autómatas programable está en el centro del sistema. Es capaz de comunicarse con todos los constituyentes del sistema automático.

La parte de mando es muy importante ya que dentro de esta se encuentran dispositivos de comunicación hombre máquina, desde los cuales el operador puede tener el control del proceso. La interfaz gráfica debe ser diseñada de manera robusta y al mismo tiempo clara y sencilla para el operador. [5]

### 2.2. Tipos de Automatización

La automatización industrial según la administración de procesos industriales se ha clasificado en:

1. Automatización fija.
  - Fuerte inversión inicial para equipo de ingeniería.
  - Altos índices de producción.
  - Relativamente inflexible en adaptarse a cambios en el producto.
  - La justificación económica para la automatización fija se encuentra en productos con grandes índices de demanda y volumen.

2. Automatización programable.
  - Fuerte inversión en equipo general.
  - Índices bajos de producción.
  - Flexibilidad para lidiar con cambios en la configuración del producto.
  - Conveniente para la producción en lotes.
  
3. Automatización flexible.
  - Fuerte inversión para equipo de ingeniería.
  - Producción continua de mezclas variables de productos.
  - Índices de producción media.
  - Flexibilidad para lidiar con las variaciones en diseño del producto.

Las características esenciales que distinguen la automatización flexible de la programable son la capacidad para cambiar partes del programa y la capacidad para cambiar sobre algo establecido físicamente sin perder tiempo de producción. [6]

## **2.3 Elementos de Automatización**

Podemos encontrar básicamente tres tipos de elementos que integran una automatización: sensores, actuadores y controladores.

### **2.3.1 Sensores**

Un sensor es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, movimiento, pH, etc. Una magnitud eléctrica puede ser una resistencia eléctrica (como en una RTD), una capacidad eléctrica (como en un sensor de humedad), una Tensión eléctrica (como en un termopar), una corriente eléctrica (como en un fototransistor), etc.

Un sensor se diferencia de un transductor en que el sensor está siempre en contacto con la variable de instrumentación con lo que puede decirse también que es un dispositivo que aprovecha una de sus propiedades con el fin de adaptar la señal que mide para que la pueda interpretar otro dispositivo. Como por ejemplo el termómetro de mercurio que aprovecha la propiedad que posee el mercurio de dilatarse o contraerse por la acción de la



temperatura. Un sensor también puede decirse que es un dispositivo que convierte una forma de energía en otra.

Áreas de aplicación de los sensores: Industria automotriz, robótica, industria aeroespacial, medicina, industria de manufactura, etc.

Los sensores pueden estar conectados a un computador para obtener ventajas como son el acceso a una base de datos, la toma de valores desde el sensor, etc. [7]

### 2.3.1.1 Características de Sensores

- Rango de medida: dominio en la magnitud medida en el que puede aplicarse el sensor.
- Precisión: es el error de medida máximo esperado.
- Offset o desviación de cero: valor de la variable de salida cuando la variable de entrada es nula. Si el rango de medida no llega a valores nulos de la variable de entrada, habitualmente se establece otro punto de referencia para definir el offset.
- Linealidad o correlación lineal.
- Sensibilidad de un sensor: suponiendo que es de entrada a salida y la variación de la magnitud de entrada.
- Resolución: mínima variación de la magnitud de entrada que puede apreciarse a la salida.
- Rapidez de respuesta: puede ser un tiempo fijo o depender de cuánto varíe la magnitud a medir. Depende de la capacidad del sistema para seguir las variaciones de la magnitud de entrada.
- Derivas: son otras magnitudes, aparte de la medida como magnitud de entrada, que influyen en la variable de salida. Por ejemplo, pueden ser condiciones ambientales, como la humedad, la temperatura u otras como el envejecimiento (oxidación, desgaste, etc.) del sensor.
- Repetitividad: error esperado al repetir varias veces la misma medida. [8]

Un sensor es un tipo de transductor que transforma la magnitud que se quiere medir o controlar, en otra, que facilita su medida. Pueden ser de indicación directa (eje. un termómetro de mercurio) o pueden estar conectados a un indicador (posiblemente a través de un convertidor analógico a digital, un computador y un display) de modo que los valores detectados puedan ser leídos por un humano. Por lo general, la señal de salida de estos sensores no es apta para su lectura directa y a veces tampoco para su procesado, por lo que se usa un circuito de acondicionamiento, como por ejemplo un puente de

Wheatstone, amplificadores y filtros electrónicos que adaptan la señal a los niveles apropiados para el resto de los circuitos. [9]

### **2.3.1.2 Resolución y Precisión**

La resolución de un sensor es el menor cambio en la magnitud de entrada que se aprecia en la magnitud de salida. Sin embargo, la precisión es el máximo error esperado en la medida.

La resolución puede ser de menor valor que la precisión. Por ejemplo, si al medir una distancia la resolución es de 0,01 mm, pero la precisión es de 1 mm, entonces pueden apreciarse variaciones en la distancia medida de 0,01 mm, pero no puede asegurarse que haya un error de medición menor a 1 mm. En la mayoría de los casos este exceso de resolución conlleva a un exceso innecesario en el coste del sistema. No obstante, en estos sistemas, si el error en la medida sigue una distribución normal o similar, lo cual es frecuente en errores accidentales, es decir, no sistemáticos, la repetitividad podría ser de un valor inferior a la precisión.

Sin embargo, la precisión no puede ser de un valor inferior a la resolución, pues no puede asegurarse que el error en la medida sea menor a la mínima variación en la magnitud de entrada que puede observarse en la magnitud de salida. [9]

### **2.3.1.3 Tipos de Sensores**

Algunas magnitudes pueden calcularse mediante la medición y cálculo de otras, por ejemplo, la velocidad de un móvil puede calcularse a partir de la integración numérica de su aceleración. La masa de un objeto puede conocerse mediante la fuerza gravitatoria que se ejerce sobre él en comparación con la fuerza gravitatoria ejercida sobre un objeto de masa conocida (patrón). [10]

#### **➤ Sensor de Presión de Columna de H<sub>2</sub>O**

En la integración del proyecto se contempló el uso de este sensor y es por ello que se dedica este apartado a explicar sus características y funcionamiento.

La medición de nivel partiendo de la presión hidrostática es la solución más común en la práctica con la mejor facilidad de uso. Para obtener la medición precisa se aplica una sonda de pozo que es transmisor de presión especial con cable y con una clase de protección elevada. La presión hidrostática se utiliza para determinar el nivel a través de la medición de la columna de líquido y es directamente proporcional a la altura de llenado, el peso específico del fluido y la fuerza de la gravedad. Bajo la influencia de la gravedad, la presión hidrostática aumenta con la altura de la columna de líquido y por lo tanto con la altura de llenado del depósito como se observa en la ecuación 2.1.

$$h = \frac{p}{(\rho * g)} \quad \dots(2.1)$$

Donde:

p = presión hidrostática [bar]

$\rho$  = densidad del fluido [kg / m<sup>3</sup>]

g = aceleración gravitacional o fuerza [m / s<sup>2</sup>]

h = altura de la columna de líquido [m]

Para cálculos adicionales con diferentes unidades de presión se puede aplicar una regla empírica aproximativa tal como se muestra en la ecuación 2.2 correspondiente a la regla para el agua.

$$h = 1 \text{ bar} / (1000 \text{ kg} / \text{m}^3 * \sim 10 \text{ m} / \text{s}^2) = 10 \text{ m} \quad \dots (2.2)$$

Para el agua, se puede calcular que a una presión de 1 bar corresponde aproximativamente a un nivel de 10 metros.

Esta regla se puede utilizarse para la selección del rango de medición de la sonda de pozo o transmisor de presión. Para conseguir resultados más precisas se debe incluir también los efectos de la temperatura, la densidad y la gravedad. El peso específico de un fluido puede ser muy diferente de la del agua y por lo tanto esta regla debe aplicarse sólo a los fluidos con densidad similar al agua. Por ejemplo, en la ecuación 2.3 en donde se muestra un mismo nivel de diésel, la presión hidrostática es mucho menor que la del agua.

$$h = 0,82 \text{ bar} / (820 \text{ kg} / \text{m}^3 * \sim 10 \text{ m} / \text{s}^2) = 10 \text{ m} \quad \dots (2.3)$$

Esta diferencia en la densidad puede causar un error de medida de 22%.

En la medición de nivel hidrostática en tanques y contenedores abiertos, la compensación de la presión se realiza entre el gas por encima del líquido y el aire del entorno externo. La presión de esta mezcla de gas / aire no debe ser incluido en el cálculo del nivel. Con el uso de sondas de nivel sumergibles como el modelo WIKA LH-20, la tubería de compensación dentro del cable compensa automáticamente las variaciones en la presión ambiente, proporcionando una medida del nivel correcto. [11]

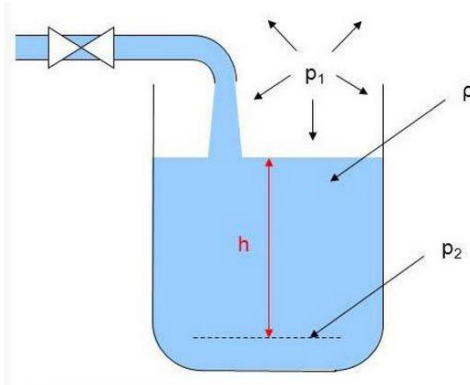


Ilustración 2. 1 Comparación de presiones en dos puntos del tanque.

### ➤ Sensor de Presión Hidrostática (Columna de H<sub>2</sub>O) IFM PX9118

Siguiendo la norma NEMA 6, 6P, 12 y 12 K las cuales se pueden ver en el anexo de este trabajo documental, elegimos el sensor IFM Efector PX9118 para sensar el nivel del líquido y el peso de nuestros tanques donde se realizara la mezcla. Este sensor tiene características ideales para la aplicación puesto que su rango de medición va de los 0 a las 100 pulgadas de H<sub>2</sub>O, tiene un valor de salida en voltaje de 0 a 10V lo cual lo hace idóneo para leerlo en nuestro PLC.



Ilustración 2. 2 Sensor de presión IFM PX9118

### 2.3.2 Actuadores

Un actuador es un dispositivo capaz de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre un proceso automatizado. Este recibe la orden de un regulador o controlador y en función a ella genera la orden para activar un elemento final de control como, por ejemplo, una válvula.

Existen varios tipos de actuadores como son: electrónicos, hidráulicos, neumáticos eléctricos los cuales son usados para manejar aparatos mecatrónicos. Por lo general, los actuadores hidráulicos se emplean cuando lo que se necesita es potencia, y los neumáticos son simples posicionamientos. Sin embargo, los hidráulicos requieren mucho equipo para suministro de energía, así como de mantenimiento periódico. Por otro lado, las aplicaciones de los modelos neumáticos también son limitadas desde el punto de vista de precisión y mantenimiento. [12]

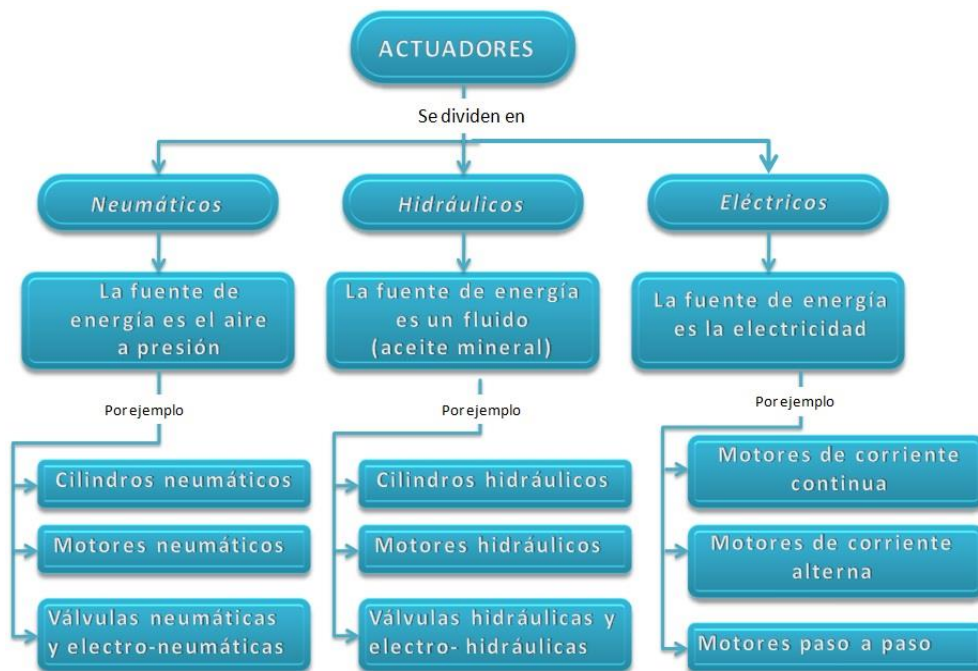


Ilustración 2. 3 Clasificación de actuadores.

### 2.3.2.1 Actuadores Neumáticos

Dentro del trabajo de automatización se tuvo relación con elementos neumáticos como lo son:

➤ **Bombas Neumáticas de Doble Diafragma**

Para la inyección de yogurt y fruta a los tanques mezcladores, estas bombas son ideales para fluidos altamente viscosos y con pequeños sólidos en suspensión.

Es un tipo de bomba de desplazamiento positivo consiste en el aumento de presión que se realiza por el empuje de unas membranas elásticas (o diafragmas) que permiten crear un volumen variable en la cámara de bombeo, aumentándola en la fase de aspiración y reduciéndola en la fase de expulsión del fluido. Unas válvulas de retención controlan que el movimiento del fluido se realice de la zona de menor presión a la de mayor presión.

[13]



*Ilustración 2. 4 Bomba neumática de doble diafragma*

➤ **Cilindro Electroneumático de Doble Efecto**

Usado para proporcionar una inclinación al tanque cuando al final del mezclado el tanque solo contenga 10% de su capacidad, lo que permite vaciar en su totalidad.

Los cilindros de doble efecto son capaces de producir trabajo útil en dos sentidos, ya que disponen de una fuerza activa tanto en avance como en retroceso. Se construyen siempre en formas de cilindros de embolo y poseen dos tomas para aire comprimido, cada una de ellas situada en una de las tapas del cilindro. Se emplea, en los casos en los que el émbolo tiene que realizar también una función en su retorno a la posición inicial. La carrera de estos cilindros suele ser más larga (hasta 200 mm) que en los cilindros de simple efecto, hay que tener en cuenta el pandeo o curvamiento que puede sufrir el vástago en su posición externa.

Cuando el aire comprimido entra por la toma situada en la parte posterior (1), desplaza el émbolo y hace salir el vástago (avance). Para que el émbolo retorne a su posición inicial (retroceso), se introduce aire por la toma situada en la tapa delantera (2). De esta manera, la presión actúa en la cara del émbolo en la que está sujeta el vástago, lo que hace que la presión de trabajo sea algo menor debido a que la superficie de aplicación es más pequeña. Hay que tener en cuenta que en este caso el volumen de aire es menor, puesto que el vástago también ocupa volumen.

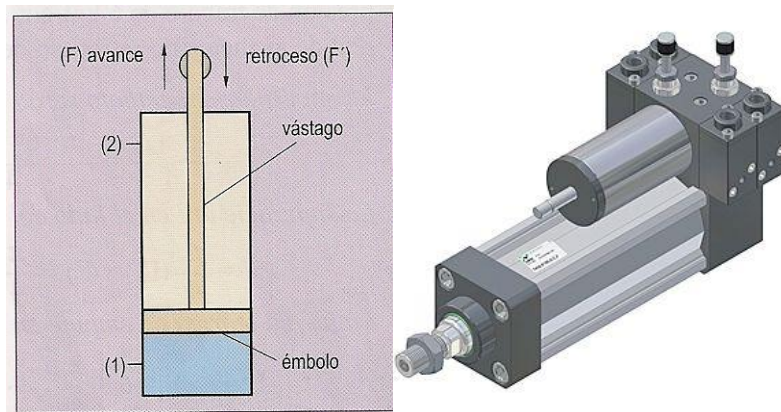


Ilustración 2. 5 Cilindro electroneumático de doble efecto

### 2.3.2.2 Actuadores Eléctricos

La integración de automatización también requiere de los siguientes elementos eléctricos:

#### ➤ Relevadores de Control

El contactor y el relevador son dispositivos indispensables en la operación, protección y control de los motores eléctricos de corriente alterna (C. A.) y de corriente directa (C. D.) Así como en la operación de sistemas de alumbrado y de automatización de procesos industriales. Cuando se habla del control de motores eléctricos se establecen dos tipos de circuitos eléctricos: Circuito de potencia y circuito de control.

El circuito de potencia es aquel que suministra energía directamente a las terminales del motor y, el de control es aquel que manipula la energía suministrada al motor para su correcta operación. El contactor es un dispositivo de construcción robusta utilizado en los circuitos de fuerza capaz de soportar en sus contactos elevadas corrientes de encendido y apagado. Sin embargo, el relevador no es un dispositivo robusto y sus contactos sólo están diseñados para conformar la lógica de los circuitos de control. [14]

De manera específica para este proyecto, se utilizó un par de relevadores electromagnéticos cuyo voltaje de operación es de 24V, este voltaje de operación es suministrado por una salida lógica del PLC, el circuito de salida que controla este relevador es el circuito de puesta en marcha del variador de frecuencia el cual tiene un voltaje de control de 24V Cuando el variador recibe 0V se encuentra en modo OFF y cuando recibe 24V el variador entra en estado de funcionamiento ON.



Ilustración 2. 6 Relevadores electromagnéticos para riel DIN marca Finder



### ➤ Motorreductor Helicoidal Sinfín-Corona

Los motorreductores son apropiados para el accionamiento de toda clase de máquinas y aparatos de uso industrial, que necesitan reducir su velocidad en una forma segura y eficiente.

Al emplear motorreductores se obtiene una serie de beneficios sobre estas otras formas de reducción. Algunos de estos beneficios son:

- Una regularidad perfecta tanto en la velocidad como en la potencia transmitida.
- Una mayor eficiencia en la transmisión de la potencia suministrada por el motor.
- Mayor seguridad en la transmisión, reduciendo los costos en el mantenimiento.
- Menor espacio requerido y mayor rigidez en el montaje.
- Menor tiempo requerido para su instalación.

Los motorreductores se suministran normalmente acoplando a la unidad reductora un motor eléctrico normalizado asíncrono tipo jaula de ardilla, totalmente cerrado y refrigerado por ventilador para conectar a redes trifásicas de 220/440 voltios y 60 Hz.

Para proteger eléctricamente el motor es indispensable colocar en la instalación de todo motorreductor un guarda motor que limite la intensidad y un relé térmico de sobrecarga. Los valores de las corrientes nominales están grabados en las placas de identificación del motor.

Los reductores RS o motorreductores MRS están contruidos en forma universal conformados por un tren de reducción tipo Sinfín-Corona, el cual se aloja dentro de un cuerpo central y dos tapas laterales. [15]



Ilustración 2. 7 Motorreductor SIEMENS MOTOX 2.2kW y mecanismo sin fin-corona

### ➤ Interruptor Termomagnético

Es un medio de protección y desconexión a base de elementos mecánicos termomagnéticos de fácil accionamiento y de rápida respuesta a la falla eléctrica, ensamblados en caja moldeada. Los interruptores termomagnéticos más comerciales son los de uno y dos polos, de un rango de 15 a 50 amperes y son utilizados para todo tipo de servicios de instalaciones eléctricas, principalmente de uso doméstico y comercial. Los de rango de 60 a 100 A de uno y dos polos así como los de tres polos en toda su gama, y los de mayor capacidad de amperaje son utilizados en zonas con mayor demanda de carga eléctrica para uso residencial, comercial e industrial.



*Ilustración 2. 8 Interruptor Termomagnético de 3 Polos SIEMENS*

### ➤ Contactores

Un contactor es un componente electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente, ya sea en el circuito de potencia o en el circuito de mando, tan pronto se dé tensión a la bobina (en el caso de ser contactores instantáneos). Un contactor es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación, con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción. Este tipo de

funcionamiento se llama de "todo o nada". En los esquemas eléctricos, su simbología se establece con las letras KM seguidas de un número de orden [16]



Ilustración 2. 9 Contactor de 3 fases SIEMENS con contactor auxiliar NO

### ➤ Guardamotor

Los guardamotores son adecuados para el arranque de motores a tensión plena, ofreciendo protección contra sobrecargas y cortocircuitos, por lo que no requiere de fusibles o interruptores adicionales, a menos de que se requiera incrementar la capacidad interruptiva para la que fueron diseñados. Cuentan con un relé térmico ajustable que permite ajustar la protección contra sobrecargas en función a la corriente nominal del motor a proteger. [17]



Ilustración 2. 10 Guardamotor de 3 fases marca Moeller

➤ **Luz Piloto**

Es una luz que indica cual número o condiciones normales de un sistema o dispositivo existe. Una luz piloto es también conocida como una luz monitor o de monitor. Actualmente son construidas a base de un convertidor de AC a DC para poder encender un LED dentro de la carcasa de esta luz piloto. [16]



*Ilustración 2. 11 Luces Piloto*

➤ **Interruptor Principal y Paro de Emergencia**

Los interruptores principales y de parada de emergencia se utilizan para maniobrar circuitos principales y auxiliares, así como para maniobrar motores trifásicos y otro tipo de dispositivos consumidores de energía en caso de mantenimiento o reparación. [16]



*Ilustración 2. 12 Interruptor principal y de seguridad (hasta 250A)*



*Ilustración 2. 13 Interruptor de paro de emergencia tipo hongo*

### 2.3.3 Controladores

Un controlador de automatización es una tecnología industrial orientada al control automatizado, al diseño de prototipos y a la medición. El PAC se refiere al conjunto formado por un controlador (una CPU típicamente), módulos de entradas y salidas, y uno o múltiples buses de datos que lo interconectan todo.

Este controlador combina eficientemente la fiabilidad de control de un autómatas (PLC) junto a la flexibilidad de monitorización y cálculo de un PC. A veces incluso se le une la velocidad y personalización de la microelectrónica. Los PACs pueden utilizarse en el ámbito investigador (prototipaje rápido de controladores o RCP), pero es sobre todo en el industrial, para control de máquinas y procesos, donde más se utiliza. A destacar los siguientes: múltiples lazos cerrados de control independientes, adquisición de datos de precisión, análisis matemático y memoria profunda, monitorización remota, visión artificial, control de movimiento y robótica, seguridad controlada, etc. Los PAC se comunican usando los protocolos de red abiertos como TCP/IP (ProfiNET), puerto serie (con Modbus por ejemplo), etc, y es compatible con los privados (CAN, Profibus, etc).

El elemento controlador es el sitio donde se toman todas las decisiones sobre las acciones a tomar. Se le puede considerar el "cerebro" del sistema. Debe tomar decisiones basadas en ciertas pautas o valores requeridos. Los valores establecidos son introducidos en el sistema por el hombre. [18]

#### 2.3.3.1 Controlador Lógico Programable

Un autómatas es un sistema secuencial, aunque en ocasiones la palabra es utilizada también para referirse a un robot. Puede definirse como un equipo electrónico programable en lenguaje no informático y diseñado para controlar, en tiempo real y en ambiente industrial, procesos secuenciales. Sin embargo, la rápida evolución de los autómatas hace que esta definición no esté cerrada.

El autómatas es la primera máquina con lenguaje, es decir, un calculador lógico cuyo juego de instrucciones se orienta hacia los sistemas de evolución secuencial.

La aparición de los ordenadores a mediados de los 50's inauguró el campo de la lógica programada para el control de procesos industriales. No obstante, aunque estos ordenadores resolvían los inconvenientes de un Sistema cableado o la llamada lógica cableada, presentaban nuevos problemas:

- Mala adaptación al entorno industrial.
- Coste elevado de los equipos.
- Necesidad de personal informático para la realización de los programas.
- Necesidad de personal especializado para el mantenimiento.
- Estos problemas se solucionarían con la aparición del autómatas programable o PLC.

➤ **Aplicaciones**

Como ya se ha comentado, las primeras aplicaciones de los autómatas programables se dieron en la industria automotriz para sustituir los complejos equipos basados en relés. Sin embargo, la disminución de tamaño y el menor costo han permitido que los autómatas sean utilizados en todos los sectores de la industria. Sólo a modo de ejemplo, se mencionan a continuación algunos de los múltiples campos de aplicación.

- *Industria automotriz*
  - Cadenas de montaje, soldadura, cabinas de pintura, etc.
- *Máquinas-herramientas*
  - Tornos, fresadoras, taladradoras, etc.
  - Plantas químicas y petroquímicas
  - Control de procesos (dosificación, mezcla, pesaje, etc). Baños electrolíticos, oleoductos, refinado, tratamiento de aguas residuales, etc.
  - Metalurgia, control de hornos, laminado, fundición, soldadura, forja, grúas, entre otros.
- *Alimentación*
  - Envasado, empaquetado, embotellado, almacenaje, llenado de botellas, mezclado, etc.
- *Papeleras y madereras*
  - Control de procesos, serradoras, producción de conglomerados y de laminados, etc.
- *Producción de energía*
  - Centrales eléctricas, turbinas, transporte de combustible, energía solar, etc.

- *Tráfico*
  - Regulación y control del tráfico, ferrocarriles, líneas de metro, etc.
  
- *Domótica*
  - Iluminación, temperatura ambiente, sistemas anti robo, comodidad y bienestar en el hogar, etc.
  
- *Fabricación de Neumáticos*
  - Control de calderas, sistemas de refrigeración, prensas que vulcanizan los neumáticos. Control de las máquinas para el armado de las cubiertas, extrusoras de goma.
  - Control de las máquinas para mezclar goma.

En nuestros días, los constructores de equipos de control y los ingenieros de automatización no ignoran ya nada referente a los autómatas programables con memoria “Programable Controllers” (PC). El punto de equilibrio a partir del cual su precio es comparable o incluso inferior a los tradicionales de lógica cableada disminuye constantemente. En numerosos problemas de control es conveniente, pues, determinar el modo de gobierno más apropiado y, con esta consideración, la elección se torna cada vez más hacia los autómatas programables con memoria. Por otro lado, se trata, no solamente de una cuestión de precio, sino también de una mejora en tiempo, flexibilidad incrementada con el manejo, alta fiabilidad, localización y eliminación rápida de fallos. Simultáneamente, el producto final, es decir, la máquina o la instalación equipada con uno de tales autómatas, alcanza un nivel tecnológico más elevado.

El objetivo de las páginas siguientes es mostrar cómo la utilización de autómatas programables con memoria debe estar en la mente de todo técnico deseoso de adquirir nuevos conocimientos.

El autómata programable puede utilizarse de forma aislada o insertado en un sistema de control de procesos distribuido y ello en instalaciones tan variadas como cervecerías, panaderías, fundiciones, refinerías, teleféricos o instalaciones de calefacción.

Con una combinación de posibilidades de regulación PID (regulación de acción proporcional, integral y derivada) y de control secuencial, el autómata programable satisface las exigencias tanto de procesos continuos como discontinuos. Regula presiones, temperaturas, niveles y caudales, asegurando todas las funciones asociadas de temporización, cadencia, conteo y lógica.

Si se le incluye una tarjeta de comunicación adicional, el autómata se transforma en un poderoso satélite dentro de una red de control distribuida. [18]

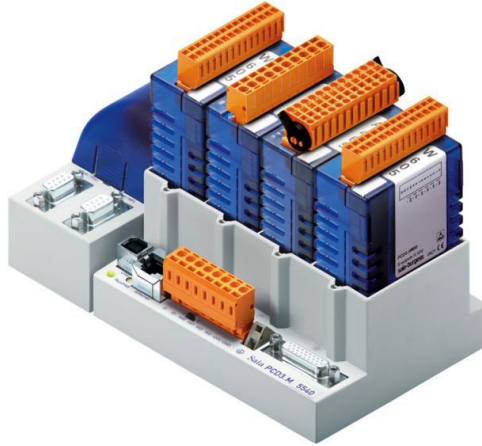


Ilustración 2. 14 PLC modular

### ➤ Estructura de un Autómata Programable

Un autómata programable propiamente dicho está constituido por:

- *Un dispositivo de alimentación* que proporciona la transformación de la energía eléctrica suministrada por la red de alimentación en las tensiones continuas exigidas por los componentes electrónicos.
- *Una tarjeta de interface de entradas/salidas* para la transformación y adaptación de las señales eléctricas procedentes de captadores hacia el autómata (cambio del nivel de tensión, aislamiento, filtrado...) y, recíprocamente, de las señales que van desde el autómata hacia los actuadores.
- *Una tarjeta procesadora*, la cual es el “cerebro” del autómata programable, ya que lee e interpreta las instrucciones que constituyen el programa grabado en la memoria y deduce las operaciones a realizar.
- *Una tarjeta de memoria*, la cual contiene los componentes electrónicos que permiten memorizar el programa, los datos (señales de entrada) y los accionadores (señales de salida).

Por otro lado, es necesario utilizar una consola de programación para escribir y modificar el programa, así como para los procesos de puesta a punto y pruebas. Esta consola es, por el contrario, inútil en la explotación industrial del autómata. [18]



En el entorno de los autómatas programables, el concepto de evolución es muy amplio, se refiere no solamente a los tradicionales automatismos de secuencia en los que las variables de entrada y salida son del tipo “todo o nada”, sino que también es posible añadir predicados a los acontecimientos “todo o nada” clásicos. Una magnitud continua o cuantificada puede, así, intervenir en una operación de comparación. Es posible ir aún más lejos dentro de la noción de evolución secuencial considerando que las acciones desencadenadas se asocian a órdenes analógicas. Los autómatas programables son equipos electrónicos de cableado interno independiente del proceso a controlar (hardware). Un autómata programable se adapta a la máquina o instalación a controlar mediante un programa que define la evolución de las operaciones que desea (software) y de un cableado directo entre los elementos de entrada y de salida del autómata. Los elementos de entrada son, por ejemplo, auxiliares de control, contactos de final de carrera, detectores de proximidad, también tensiones analógicas o detectores de corriente. Los contactores, electroválvulas, dispositivos de acoplo y lámparas son elementos de salida. [18]

El autómata programable realiza funciones de control de tipo lógico y secuencial dentro de las fábricas, es decir, en la proximidad de las máquinas en un entorno industrial. El funcionamiento de un autómata industrial puede adaptarse plenamente a la formación y hábitos del personal de fabricación y mantenimiento. El número de instrucciones procesadas difiere de un autómata a otro. El programa es directamente concebido por un automatista, electricista o mecánico. Este trabajo se facilita aún más mediante el empleo de consolas de programación. Un autómata programable se convierte en un equipo específico una vez dotado de un programa y acoplado con elementos de entrada y salida. Para que el autómata pueda trabajar, el programa debe estar alojado en una memoria interna del mismo. En general, se utiliza como memoria interna de programa dispositivos de semiconductores. Según el tipo de memoria interna de programa, se distingue entre autómatas de programación libre y autómatas de programación intercambiable. Los autómatas de programación libre van equipados con una memoria de lectura/escritura (RAM o memorias vivas) donde puede introducirse el programa sin más dispositivos adicionales que la consola de programación. Ello permite también leer un programa ya introducido. La memoria RAM pierde su contenido en caso de caída de tensión, pero ello puede evitarse mediante una batería tampón.

Los autómatas de programación intercambiable van equipados con una memoria de sólo lectura (PROM o EPROM), también denominada memoria muerta, que debe cambiarse en caso de modificación del programa. Las memorias EPROM pueden ser borradas mediante radiación ultravioleta y posteriormente reprogramadas, mientras que las PROM no pueden modificarse. Una vez que se han programado. Si se desea realizar modificaciones será preciso programar una nueva memoria PROM que sustituirá a la antigua. Un autómata programable se presenta bajo la forma de un conjunto de tarjetas o

circuitos impresos en los que se han montado componentes electrónicos integrados. Éstas se alojan en paneles o RACs que las protegen mecánicamente. Las conexiones entre las diferentes tarjetas se realizan por medio de un circuito impreso denominado BUS, el cual es un dispositivo de cableado en forma de mazos paralelos que enlaza entre sí los diferentes subconjuntos que constituyen el autómata, en la parte posterior de los paneles. [18]

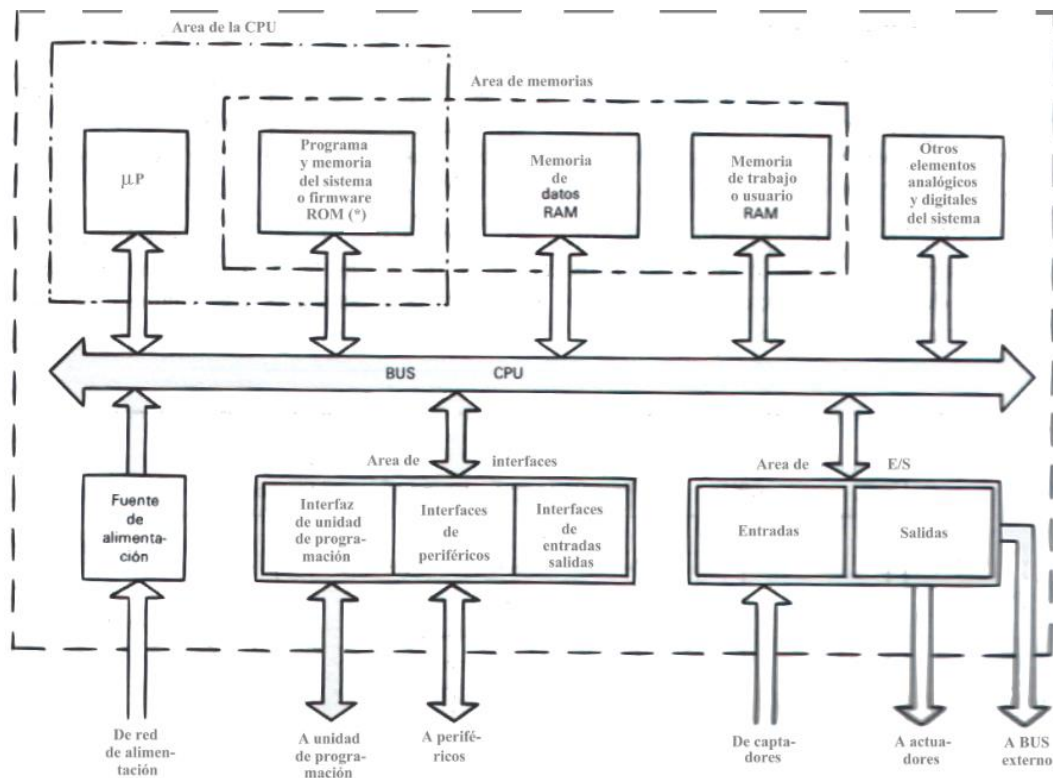


Ilustración 2. 15 Estructura de un Autómata Programable (PLC)

### ➤ Tipos de Lenguajes de Programación de PLC's

En la actualidad cada fabricante diseña su propio software de programación, lo que significa que existe una gran variedad comparable con la cantidad de PLCs que hay en el mercado. No obstante, actualmente existen tres tipos de lenguajes de programación de PLCs como los más difundidos a nivel mundial; estos son el lenguaje de contactos (Ladder), el lenguaje Booleano (Lista de instrucciones) y diagrama de funciones [18].

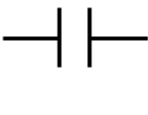
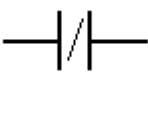
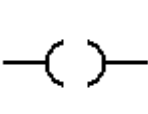

➤ **Lenguaje Ladder**

Es el lenguaje empleado para programar el PLC utilizado para el proyecto de batido y frutado de yogurt por lo cual este apartado se enfoca únicamente a la descripción de este tipo de lenguaje.

El ladder, también denominado lenguaje de contactos o de escalera, es un lenguaje de programación gráfico muy popular dentro de los PLC, debido a que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos. Su principal ventaja es que los símbolos básicos están normalizados según normas NEMA y son empleados por todos los fabricantes.

➤ **Elementos de programación**

Para programar un PLC con LADDER, además de estar familiarizado con las reglas de los circuitos de conmutación, es necesario conocer cada uno de los elementos de que consta este lenguaje. En la siguiente tabla podemos observar los símbolos de los elementos básicos junto con sus respectivas descripciones.

Símbolo	Nombre	Descripción
	Contacto NA	Se activa cuando hay un uno lógico en el elemento que representa, esto es, una entrada (para captar información del proceso a controlar), una variable interna o un bit de sistema.
	Contacto NC	Su función es similar al contacto NA anterior, pero en este caso se activa cuando hay un cero lógico, cosa que deberá de tenerse muy en cuenta a la hora de su utilización.
	Bobina NA	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un uno lógico. Su activación equivale a decir que tiene un uno lógico. Suele representar elementos de salida, aunque a veces puede hacer el papel de variable interna.
	Bobina NC	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un cero lógico. Su activación equivale a decir que tiene un cero lógico. Su comportamiento es complementario al de la bobina NA.

	Bobina SET	Una vez activa (puesta a 1) no se puede desactivar (puesta a 0) si no es por su correspondiente bobina en RESET. Sirve para memorizar bits y usada junto con la bina RESET dan una enorme potencia en la programación.
	Bobina SET	Permite desactivar una bobina SET previamente activada.

Ilustración 2. 16 Tabla de símbolos de lenguaje ladder

Una vez conocidos los elementos que LADDER proporciona para su programación, resulta importante resaltar cómo se estructura un programa y cuál es el orden de ejecución.

La ilustración 2.16 representa la estructura general de la distribución de todo programa LADDER, contactos a la izquierda y bobinas y otros elementos a la derecha. En cuanto a su equivalencia eléctrica, podemos imaginar que las líneas verticales representan las líneas de alimentación de un circuito de control eléctrico.

El orden de ejecución es generalmente de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha, primero los contactos y luego las bobinas, de manera que al llegar a éstas ya se conoce el valor de los contactos y se activan si procede. El orden de ejecución puede variar de un controlador a otro, pero siempre se respetará el orden de introducción del programa, de manera que se ejecuta primero lo que primero se introduce.

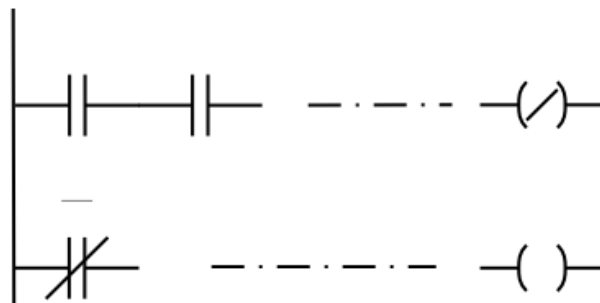


Ilustración 2. 17 Estructura Ladder

### 2.3.3.2 HMI (Interfaz Hombre-Máquina)

HMI es el acrónimo de “Human Machine Interface”, es decir es el dispositivo o sistema que permite el interfaz entre la persona y la máquina. Tradicionalmente estos sistemas consistían en paneles compuestos por indicadores y comandos, tales como luces pilotos, indicadores digitales y análogos, registradores, pulsadores, selectores y otros que se

interconectaban con la máquina o proceso. En la actualidad, dado que las máquinas y procesos en general están implementadas con controladores y otros dispositivos electrónicos que dejan disponibles puertas de comunicación, es posible contar con sistemas de HMI bastantes más poderosos y eficaces, además de permitir una conexión más sencilla y económica con el proceso o máquinas. [19]



Ilustración 2. 18 Interfaces HMI Siemens

### ➤ Tipos de HMI

Descontando el método tradicional, podemos distinguir básicamente dos tipos de HMIs: *Terminal de Operador*, consistente en un dispositivo, generalmente construido para ser instalado en ambientes agresivos, donde pueden ser solamente de despliegues numéricos, o alfanuméricos o gráficos. Pueden ser además con pantalla sensible al tacto (touch screen). *PC + Software*, constituye otra alternativa basada en un PC en donde se carga un software apropiado para la aplicación. Como PC se puede utilizar cualquiera según lo exija el proyecto, en donde existen los llamados Industriales (para ambientes agresivos), los de panel (Panel PC) que se instalan en gabinetes dando una apariencia de terminal de operador, y en general veremos muchas formas de hacer un PC, pasando por el tradicional PC de escritorio.

### ➤ Software HMI

Este software permiten entre otras cosas las siguientes funciones: Interfaz gráfica de modo de poder ver el proceso e interactuar con él, registro en tiempo real e histórico de datos,

manejo de alarmas. Si bien es cierto sólo con la primera función enunciada es la propiamente HMI, casi todos los proveedores incluyen las otras dos ya sea en el mismo paquete o bien como opcionales. También es normal que dispongan de muchas más herramientas. Al igual que en los terminales de operador, se requiere de una herramienta de diseño o desarrollo, la cual se usa para configurar la aplicación deseada, y luego debe quedar corriendo en el PC un software de ejecución (Run Time).

Por otro lado, este software puede comunicarse directamente con los dispositivos externos (proceso) o bien hacerlo a través de un software especializado en la comunicación, cual es la tendencia actual. [19]

### ➤ **Comunicación**

La comunicación con los dispositivos de las máquinas o proceso se realiza mediante comunicación de datos empleando las puertas disponibles para ello, tanto en los dispositivos como en los PCs.

Actualmente para la comunicación se usa un software denominado servidor de comunicaciones, el que se encarga de establecer el enlace entre los dispositivos y el software de aplicación (HMI u otros) los cuales son sus clientes. La técnica estandarizada en estos momentos para esto se llama OPC (Ole for Process Control), por lo que contamos entonces con Servidores y Clientes OPC, sin embargo aún quedan algunas instalaciones donde se usaba DDE para este propósito, como también muchos softwares de aplicación sólo son clientes DDE por lo que lo usual es que los servidores sean OPC y DDE. [18]

### **2.3.3.2 Variador de frecuencia**

Un variador de frecuencia (siglas VFD, del inglés: Variable Frequency Drive o bien AFD Adjustable Frequency Drive) es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor. Un variador de frecuencia es un caso especial de un variador de velocidad. Los variadores de frecuencia son también conocidos como drivers de frecuencia ajustable (AFD), drivers de CA, microdrivers o inversores. Dado que el voltaje es variado a la vez que la frecuencia, a veces son llamados drivers VVVF (variador de voltaje variador de frecuencia).

Los dispositivos variadores de frecuencia operan bajo el principio de que la velocidad síncrona de un motor de corriente alterna (CA) está determinada por la frecuencia de CA suministrada y el número de polos en el estator, de acuerdo con la relación de la ecuación 2.4.

$$RPM = \frac{120 * f}{p} \quad \dots (2.4)$$

Donde:

RPM = Revoluciones por minuto

f = frecuencia de suministro CA (Hz)

p = Número de polos

Las cantidades de polos más frecuentemente utilizadas en motores síncronos o en Motor asíncrono son 2, 4, 6 y 8 polos que, siguiendo la ecuación 2.4, resultarían en 3000 RPM, 1500 RPM, 1000 RPM y 750 RPM respectivamente para motores sincrónicos únicamente y a la frecuencia de 50 Hz. Dependiendo de la ubicación geográfica funciona en 50Hz o 60Hz.

En los motores asíncronos las revoluciones por minuto son ligeramente menores por el propio asincronismo que indica su nombre. En estos se produce un desfase mínimo entre la velocidad de rotación (RPM) del rotor (velocidad "real" o "de salida") comparativamente con la cantidad de RPM's del campo magnético (las cuales si deberían cumplir la ecuación arriba mencionada tanto en Motores síncronos como en motores asíncronos) debido a que sólo es atraído por el campo magnético exterior que lo aventaja siempre en velocidad (de lo contrario el motor dejaría de girar en los momentos en los que alcanzase al campo magnético)

### ➤ Control de Velocidad Mediante Cambio del Voltaje de Línea

El par desarrollado por un motor de inducción es proporcional al cuadrado del voltaje aplicado. Si una carga tiene una característica par-velocidad, la velocidad del motor puede ser controlada en un rango limitado, variando el voltaje de la línea. Este método de control de velocidad se utiliza a veces para manejar pequeños motores.

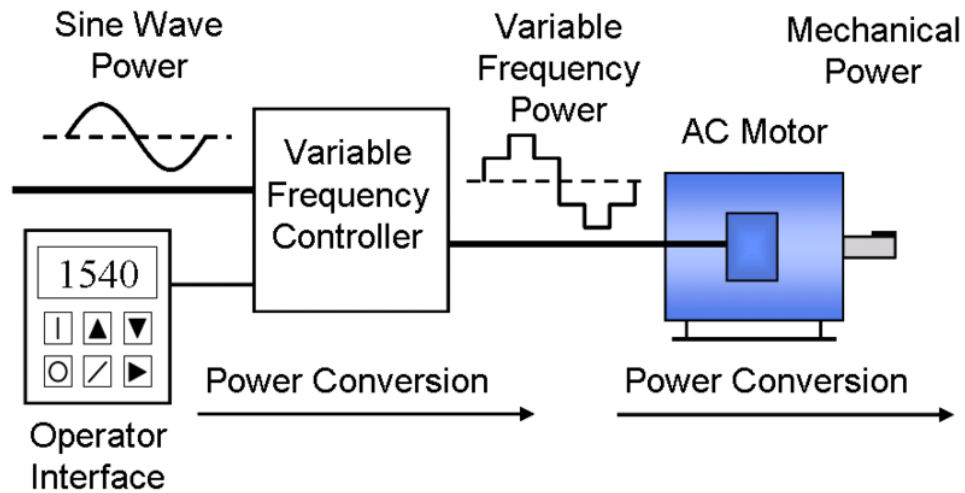


Ilustración 2. 19 Diagrama de un sistema VFD



Ilustración 2. 20 Familia de variadores Micromaster de Siemens

## 2.4 Protocolos de Comunicación

Un protocolo de comunicaciones es un conjunto de reglas y normas que permiten que dos o más entidades de un sistema de comunicación se comuniquen entre ellos para transmitir información por medio de cualquier tipo de variación de una magnitud física. Se trata de las reglas o el estándar que define la sintaxis, semántica y sincronización de la



comunicación, así como posibles métodos de recuperación de errores. Los protocolos pueden ser implementados por hardware, software, o una combinación de ambos.

Un protocolo de comunicación define la forma en la que los distintos mensajes o tramas de bit circulan en una red de computadoras.

### 2.4.1 ProfiBUS

Profibus es un estándar de comunicaciones para bus de campo. Deriva de las palabras PROcess FIeld BUS. Fue un Estándar desarrollado entre los años 1987-1990 por BMBF (German department of education and research), y por otras como ABB, AEG, Honeywell, Siemens, Landis & Gyr, Phoenix Contact, Rheinmetall, RMP, Sauter-cumulus y Schleicher. En 1989 la norma alemana DIN19245 adoptó el estándar, partes 1 y 2 (la parte 3, Profibus-DP no fue definida hasta 1993). Profibus fue confirmada como norma europea en 1996 como EN50170.

Profibus tiene tres versiones o variantes:

- *DP-V0*. Provee las funcionalidades básicas incluyendo transferencia cíclica de datos, diagnóstico de estaciones, módulos y canales, y soporte de interrupciones
- *DP-V1*. Agrega comunicación acíclica de datos, orientada a transferencia de parámetros, operación y visualización
- *DP-V2*. Permite comunicaciones entre esclavos. Está orientada a tecnología de drives, permitiendo alta velocidad para sincronización entre ejes en aplicaciones complejas.

Profibus tiene conforme al estándar, cinco diferentes tecnologías de transmisión, que son identificadas como:

- RS-485. Utiliza un par de cobre trenzado apantallado, y permite velocidades entre 9.6 kbit/s y 12 Mbit/s. Hasta 32 estaciones, o más si se utilizan repetidores.
- MBP. Manchester Coding y Bus Powered, es transmisión sincrónica con una velocidad fija de 31.25 kbit/s.
- RS-485 IS. Las versiones IS son intrínsecamente seguras, utilizadas en zonas peligrosas (explosivas).
- MBP IS
- Fibra óptica. Incluye versiones de fibra de vidrio multimodo y monomodo, fibra plástica y fibra HCS.

### 2.4.1 ProfiNET

Profinet es un estándar para la automatización industrial utilizando una red de ordenadores. Utiliza estándares como TCP/IP y Ethernet. La estructura modular de Profinet permite a los usuarios seleccionar sólo las funciones necesarias para diferentes necesidades. Profinet tiene 3 protocolos de comunicación según la necesidad de velocidad de transmisión y recepción que requiera la planta: TCP/IP para Profinet CBA con un intervalo de reacción de 100 ms, Protocolo de RT (tiempo real) para aplicaciones Profinet CBA y Profinet IO hasta 10 ms tiempos de ciclo y IRT (isócrona en tiempo real) para aplicaciones Profinet IO en sistemas de accionamiento con tiempos de ciclo de menos de 1 ms. [20]

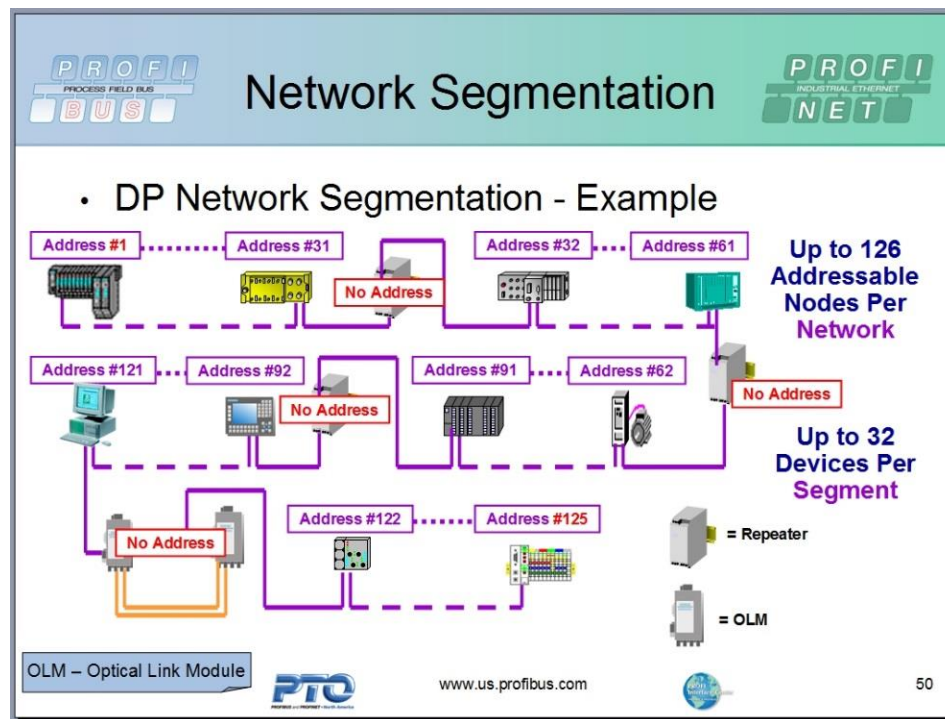


Ilustración 2. 21 Segmentación de red usando Profibus y Profinet

Un sistema Profinet CBA se compone de varias secciones de automatización. Un componente abarca todas las variables mecánicas, eléctricas y de TI (tecnologías de información). El componente puede ser generado mediante las herramientas de programación estándar.

El datasheet de cada dispositivo con capacidad Profinet se encuentra alojado en un archivo .pcd en formato xml, el cual nos sirve para hacer una planificación de interconexiones lógicas con otros componentes de la planta y esta estandarizado en IEC 61499.

La funcionalidad básica de la cba es que un sistema de automatización completa puede ser dividido en subsistemas que funcionan de forma autónoma, el diseño y las funciones pueden terminar de manera idéntica o ligeramente modificada en varios sistemas. Cada componente se controla normalmente por un número manejable de señales de entrada, un programa de control ejecuta la función y pasa las señales de salida correspondientes a otro controlador. La ingeniería que está asociada con él es independiente de fabricante. La comunicación de un sistema basado en el componente sólo está configurado, en lugar de ser programado. La comunicación con Profinet CBA sin tiempo real es adecuada para los tiempos de ciclo de bus de aprox. 50 a 100 ms. El canal RT corre con ciclos de datos similares a Profinet I/O. [20]

## **2.5 Normalización y Estándares de Protección**

Una norma es el resultado de hacer que un determinado producto, instalación o proceso siga los mismos criterios constructivos de composición, dimensión, etc. Lo que se pretende es dar uniformidad a los productos. Quiere esto decir que una instalación hecha en diferentes puntos geográficos seguirá los mismos criterios dentro de su ámbito de aplicación.

Se dice que un producto está normalizado en un país cuando las fases de producción, las medidas, la composición y la representación son las mismas en cualquier parte del país que se fabrique. Las ventajas que se obtienen de la normalización son simplificación del proceso productivo, disminución del tipo de productos fabricados, mejoras en el diseño, aumento de la calidad, posibilidad de automatización del proceso productivo. [9]

### **2.5.1 Comisión Electrotécnica Internacional (IEC)**

Millones de dispositivos que contienen componentes electrónicos y utilizan o producen electricidad se valen de las Normas Internacionales y los Sistemas de Evaluación de la Conformidad de la IEC para funcionar y adecuarse unos a otros de forma segura.

Fundada en 1906, la IEC (Comisión Electrotécnica Internacional) es la organización líder a nivel mundial encargada de preparar y publicar Normas Internacionales para todas las tecnologías eléctricas, electrónicas y afines. Estas actividades se conocen en su conjunto como “electrotecnología”.

La IEC ofrece una plataforma para empresas, sectores industriales y gobiernos que les permite reunirse, discutir y desarrollar las Normas Internacionales que necesitan.

Todas las Normas Internacionales IEC se crean por consenso y representan las necesidades de las partes.

### **2.5.1.1 Estándares de Protección IP**

Los niveles de protección IP están indicados por un código compuesto por dos letras constantes “IP” y dos números que indican el grado de protección.

Por ejemplo: IP65 significa que nuestro equipo tiene protección contra el ingreso de cuerpos sólidos y protección contra líquidos.

### **2.5.1.2 Estándares de Protección NEMA**

La National Electrical Manufacturers Association (NEMA)<sup>1</sup> (Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos) es una asociación industrial estadounidense, creada el 1 de septiembre de 1926 tras la fusión de la Associated Manufacturers of Electrical Supplies (Fabricantes de Suministros Eléctricos Asociados) y la Electric Power Club (Club de Potencia Eléctrica).<sup>2</sup> Su sede principal está en el vecindario de Rosslyn, en Arlington (Virginia), y cuenta con más de 400 miembros asociados.<sup>3</sup> Este organismo es el responsable de numerosos estándares industriales comunes usados en el campo de la electricidad. Entre otros, la NEMA ha establecido una amplia gama de estándares para encapsulados de equipamientos eléctricos, publicados como NEMA Standards Publication 250, los cuales se observan en la ilustración 2.22.

El objetivo fundamental de NEMA es promover la competitividad de sus compañías socias, proporcionando servicios de calidad que impactarán positivamente en las normas, regulaciones gubernamentales, y economía de mercado.

Grado de protección contra la introducción de cuerpos sólidos			Grado de protección al agua		
Primer Índice	Descripción	Alcance de la protección	Segundo Índice	Descripción	Alcance de la Protección
0	<b>Sin protección</b>	Sin especial protección para personas contra un contacto directo de piezas móviles internas y las externas con vida. Sin protección a los equipamientos contra el ingreso de objetos sólidos externos.	0	<b>Sin protección</b>	Sin ninguna protección especial
1	<b>Protección contra los cuerpos sólidos grandes</b>	Protección contra el contacto accidental de grandes áreas con vida y partes interiores con movimiento, por ejemplo: la parte posterior de la mano. Pero sin protección contra el acceso deliberado del mismo. Protección contra el ingreso de objetos sólidos con un diámetro mayor que 50 mm.	1	<b>Protección contra el goteo de agua vertical (condensación)</b>	La caída vertical de gotas de agua no debe causar daños
2	<b>Protección contra los cuerpos sólidos medianos</b>	Protección contra el contacto entre los dedos y las partes interiores móviles. Protección contra el ingreso de objetos sólidos con un diámetro mayor a 12,5mm.	2	<b>Protección contra el goteo de agua inclinada verticalmente</b>	La caída de gotas de agua con hasta un ángulo de 15° de la vertical desde cualquier dirección, no debe causar daño.
3	<b>Protección contra los cuerpos sólidos pequeños</b>	Protección contra el contacto entre las piezas móviles internas y herramientas, cables, hilos... con un espesor mayor a 2,5mm. Protección contra el ingreso de objetos sólidos con un diámetro mayor a 2,5mm.	3	<b>Protección contra agua en spray</b>	La caída de gotas de agua con hasta un ángulo de 60° de la vertical desde cualquier dirección, no debe causar daño. (lluvia)
4	<b>Protección contra los cuerpos sólidos muy pequeños (granulados)</b>	Protección contra el contacto entre las piezas móviles interiores y herramientas, cables, hilos... con un espesor mayor a 1mm. Protección contra el ingreso de objetos sólidos con un diámetro mayor a 1mm.	4	<b>Protección contra las salpicaduras de agua</b>	Las salpicaduras de agua desde cualquier dirección, no deben de causar daños al interior.
5	<b>Protección contra los residuos de polvo</b>	Protección contra el contacto entre las piezas móviles interiores y el ingreso de polvo. El ingreso no se previene completamente, pero el polvo no puede penetrar en tales cantidades que puedan afectar al funcionamiento correcto del mismo.	5	<b>Protección contra chorros de agua de cualquier dirección con manguera</b>	Los chorros de agua producidos con manguera y desde cualquier dirección, no deben de causar daño al interior.
6	<b>Protección total contra la penetración de cualquier cuerpo sólido (estanqueidad)</b>	Protección total contra el contacto de las piezas móviles interiores. Protección contra cualquier ingreso de polvo.	6	<b>Protección contra inundaciones</b>	La cantidad de agua que se introduzca, en casos de inundación esporádica o temporal, no debe dañar el interior, por ejemplo, los golpes de mar.
			7	<b>Protección contra la inmersión temporal</b>	La cantidad de agua que se introduzca, en caso de sumergir el equipamiento en específicas condiciones de presión entre 1 y 30 minutos, no debe dañar las piezas internas del mismo.
			8	<b>Protección durante inmersión continua</b>	El agua que se pueda introducir, si sumergimos el equipamiento al menos con 2 horas y con una presión de 2 bares (para los racores HelaGuard IP68 No Metálicos) y de 5 horas y con una presión de 5 bares (para los racores HelaGuard IP68 Metálicos), no deben producir daño en el interior.
			9k	<b>Protección contra la introducción de agua usando pistolas de limpieza de alta presión</b>	El agua que se introduzca en el interior, producida al utilizar pistolas de limpieza con agua de alta presión, no deben causar daño interior.

Ilustración 2. 22 Tabla de grados de protección IP

<b>Tipo de protección NEMA</b>	
<b>Para situaciones no peligrosas</b>	
<b>Protección</b>	<b>Descripción</b>
<b>NEMA 1</b>	Para uso interior, proporcionar un grado de protección al personal contra el contacto incidental con el equipo y para proporcionar un grado de protección de suciedad.
<b>NEMA 2</b>	Para uso interior, proporcionar un grado de protección al personal contra el contacto incidental con el equipo, proporcionar un grado de protección de suciedad, y para proporcionar un grado de protección contra gotas o salpicaduras de líquidos.
<b>NEMA 3</b>	Para uso interior o al aire libre, proporcionar un grado de protección al personal contra el contacto incidental con el equipo, proporcionar un grado de protección contra suciedad, lluvia, aguanieve, nieve y viento de polvo, además permanecerá ileso apesar de la formación externa de hielo.
<b>NEMA 3R</b>	Para uso interior o al aire libre, proporcionar un grado de protección al personal contra el contacto incidental con el equipo, proporcionar un grado de protección contra suciedad, lluvia, aguanieve y nieve, además permanecerá ileso apesar de la formación externa de hielo.
<b>NEMA 3S</b>	Para uso interior o al aire libre, proporcionar un grado de protección al personal contra el contacto incidental con el equipo, proporcionar un grado de protección contra suciedad, lluvia, aguanieve, nieve y vientos de polvo, además el/los mecanismo/s externo/s deberán seguir operando apesar de la formación externa de hielo.
<b>NEMA 4</b>	Para uso interior o al aire libre, proporcionar un grado de protección al personal contra el contacto incidental con el equipo, proporcionar un grado de protección contra suciedad, lluvia, aguanieve, nieve, vientos de polvo, salpicaduras de agua y chorros dirigidos de agua, además permanecerá ileso apesar de la formación externa de hielo.
<b>NEMA 4x</b>	Para uso interior o al aire libre, proporcionar un grado de protección al personal contra el contacto incidental con el equipo, proporcionar un grado de protección contra suciedad, lluvia, aguanieve, nieve, vientos de polvo, salpicaduras de agua, chorros dirigidos de agua y corrosión, además permanecerá ileso apesar de la formación externa de hielo.
<b>NEMA 5</b>	Para uso interior, proporcionar un grado de protección al personal contra el contacto incidental con el equipo, proporcionar un grado de protección contra suciedad, polvo provocado por el aerotransporte, hilachas, fibras, y transporte aereo, además de proporcionar un grado de protección contra gotas y salpicaduras de líquidos.
<b>NEMA 6</b>	Para uso interior o al aire libre, proporcionar un grado de protección al personal contra el contacto incidental con el equipo, proporcionar un grado de protección contra suciedad, chorros dirigidos de agua y la entrada de agua durante la sumersión temporal ocasional a una profundidad limitada, además permanecerá ileso apesar de la formación externa de hielo.
<b>NEMA 6P</b>	Para uso interior o al aire libre, proporcionar un grado de protección al personal contra el contacto incidental con el equipo, proporcionar un grado de protección contra suciedad, chorros dirigidos de agua y la entrada de agua durante la sumersión prolongada a una profundidad limitada, además permanecerá ileso apesar de la formación externa de hielo.
<b>NEMA 12</b>	Para uso interior sin golpes, proporcionar un grado de protección al personal contra el contacto incidental con el equipo, proporcionar un grado de protección contra suciedad, polvo circulante, hilachas, fibras, transporte aereo, gotas y salpicaduras de líquidos.
<b>NEMA 12K</b>	Para uso interior con golpes, proporcionar un grado de protección al personal contra el contacto incidental con el equipo, proporcionar un grado de protección contra suciedad, polvo circulante, hilachas, fibras, transporte aereo, gotas y salpicaduras de líquidos.
<b>NEMA 13</b>	Para uso interior, proporcionar un grado de protección al personal contra el contacto incidental con el equipo, proporcionar un grado de protección contra suciedad, polvo circulante, hilachas, fibras, transporte aereo, contra el rociar, salpicado y filtración de agua, aceites y refrigerantes no corrosivos.

<b>Para situaciones arriesgadas o peligrosas</b>	
<b>Protección</b>	<b>Descripción</b>
<b>NEMA 7</b>	Para uso interior en situaciones arriesgadas o peligrosas clasificadas como Clase I, división 1, grupos A, B, C, o D, como se define en la norma NFPA 70.
<b>NEMA 8</b>	Para uso interior o al aire libre en situaciones arriesgadas o peligrosas clasificadas como Clase I, división 1, grupos A, B, C, y D, como se define en la norma NFPA 70.
<b>NEMA 9</b>	Para uso interior en situaciones arriesgadas o peligrosas clasificadas como Clase II, división 1, grupos E, F, o G, como se define en la norma NFPA 70.
<b>NEMA 10</b>	Para reunir los requisitos para la seguridad en minería y administración de salud, según 30 CFR, parte 18.

Ilustración 2. 23 Tabla de grados de protección NEMA

## CAPITULO III

# CUADRO ELÉCTRICO PARA EL CONTROL DEL PROCESO DE MEZCLADO Y BATIDO DE YOGURT Y FRUTA

### 3.1 Introducción

En este capítulo se documentan los aspectos de diseño, construcción y programación de un cuadro eléctrico para el control del proceso de mezclado y batido del yogurt contemplando el uso de la teoría citada en los capítulos anteriores.

El proyecto consiste en automatizar el proceso de mezclado de yogurt con fruta en una línea de producción y envasado de yogurt de las cuales existen 5 variedades de sabores (manzana, cereales, frutas del bosque, durazno y fresa) y dos presentaciones de diferentes densidades (yogurt para beber y yogurt batido en presentación de 1litro). Dichas variedades toman forma en un tanque horizontal de 1700 litros de capacidad que incluye un sistema “*clean in place*” (sistema de limpieza mediante recirculación de agentes limpiadores).

De manera específica los requerimientos del proyecto son:

1. Bombas neumáticas y válvulas las cuales sirven para el transporte de fruta triturada a los tanques, cabe mencionar que cada variedad de fruta proviene de tanques diferentes.
2. Bombas neumáticas y válvulas para transportar el yogur natural a mezclar.
3. El sistema mecánico encargado de preparar las mezclas consiste en un motorreductor de 3 HP cuyo eje está anclado a una flecha de paletas.
4. Para el proceso de mezclado del yogurt es necesario controlar la frecuencia a la que se mueven dichas paletas puesto que una alta frecuencia en el movimiento de las mismas podría arruinar la naturaleza del yogurt a mezclar, en caso opuesto, una baja frecuencia significa una demora en el sistema y costos extras de producción.

Para ello se contempla el uso de un variador de frecuencia el cual tiene como objetivo:

- 4.1 Suministrar una rampa de frecuencia positiva a la entrada del proceso (aceleración).
  - 4.2 Estabilizar las RPM del motorreductor en un tiempo determinado.
  - 4.3 Suministrar al sistema una rampa de salida (desaceleración).
5. Como sistema de supervisión del proceso se ha incorporado un sensor de columna de H<sub>2</sub>O (presión) el cual es el encargado de arrojar el peso de la mezcla, dato que es vital para poder calcular la densidad del producto.
  6. Cuando el sistema ha provocado que el producto llegue a la densidad esperada, se muestra un mensaje en la pantalla de que la mezcla puedes ser inyectada a la línea de envasado. Cuando el tanque llega al 5% de su capacidad, un pistón neumático ubicado en un extremo del tanque se encarga de levantarlo con el fin de vaciarlo completamente y aprovechar al máximo las mezclas.
  7. Como punto de seguridad y supervisión del sistema, se ha instrumentado el proceso con luces piloto que nos indican el estado del proceso.
  8. Finalmente se ha decidido que el sistema funcionará conmutando las mezclas en dos tanques de las mismas características con el fin de no detener el proceso de producción. Así, cuando en el tanque A se llevan a cabo acciones de limpieza, el tanque B se encuentra realizando una mezcla, y viceversa.

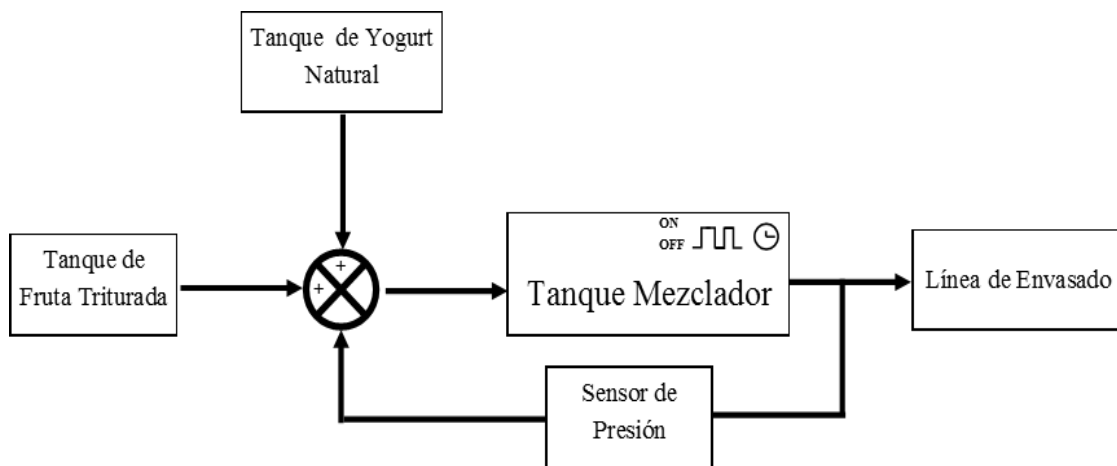


Ilustración 3. 1 Diagrama a bloques del proceso de mezclado y batido de yogurt



### 3.2 Diagrama de Distribución de Planta

La distribución de planta es un concepto relacionado con la disposición de las maquinas, los departamentos, las estaciones de trabajo, las áreas de almacenamiento, los pasillos y espacios comunes dentro de una instalación productiva propuesta o ya existente [21]. El propósito de este diagrama de distribución de planta es comunicar de manera simple a otros ingenieros este proyecto.

A continuación se muestra un diagrama de planta equivalente al diagrama 3.1

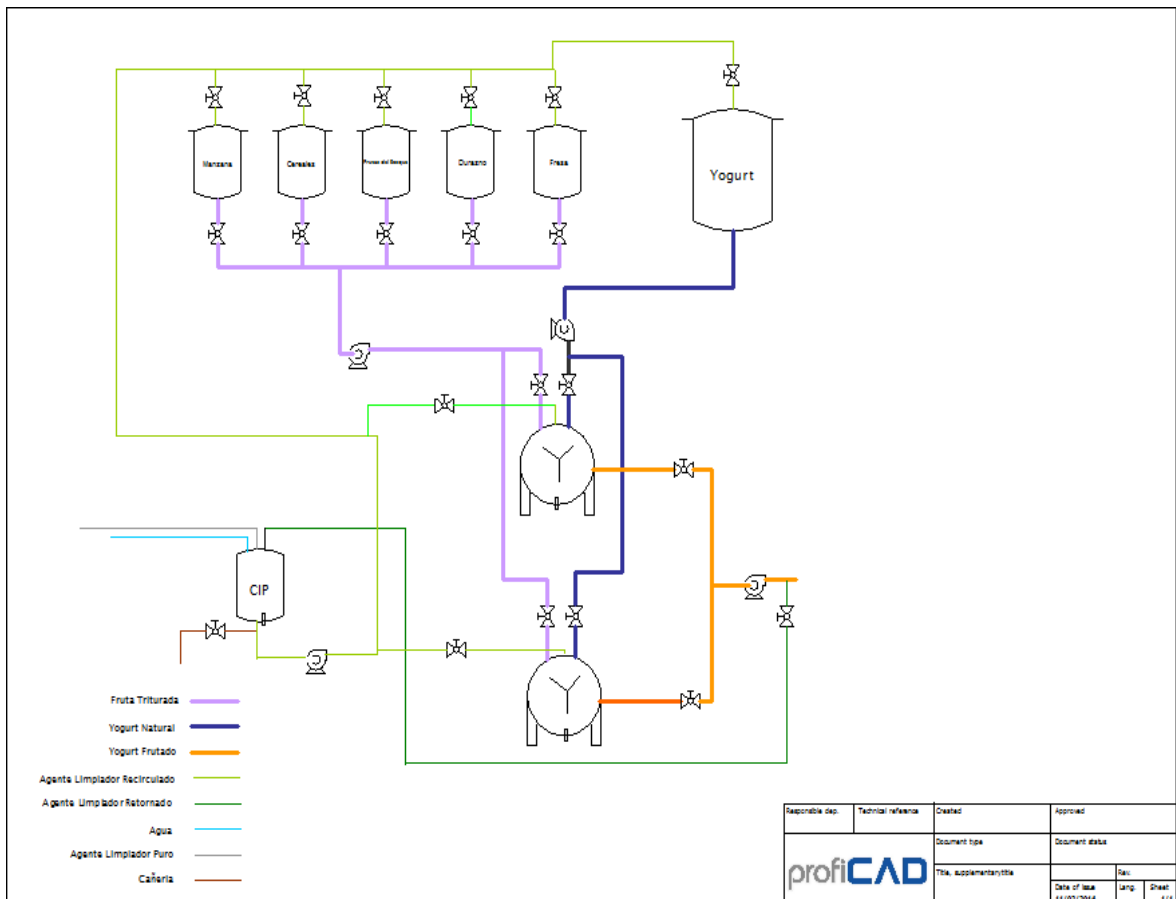


Ilustración 3. 2 Diagrama de planta del mezclado y batido de yogurt con fruta

### 3.3 Diagrama Unifilar del Cuadro Eléctrico

Un diagrama unifilar se define como un diagrama que indica por medio de líneas sencillas y símbolos simplificados, la interconexión y partes componentes de un circuito o sistema eléctrico [22].

El propósito de este diagrama unifilar es comunicar de manera simple a otros ingenieros este proyecto. A continuación se muestra el diagrama unifilar eléctrico cuyos componentes se describen en el apartado 3.3.

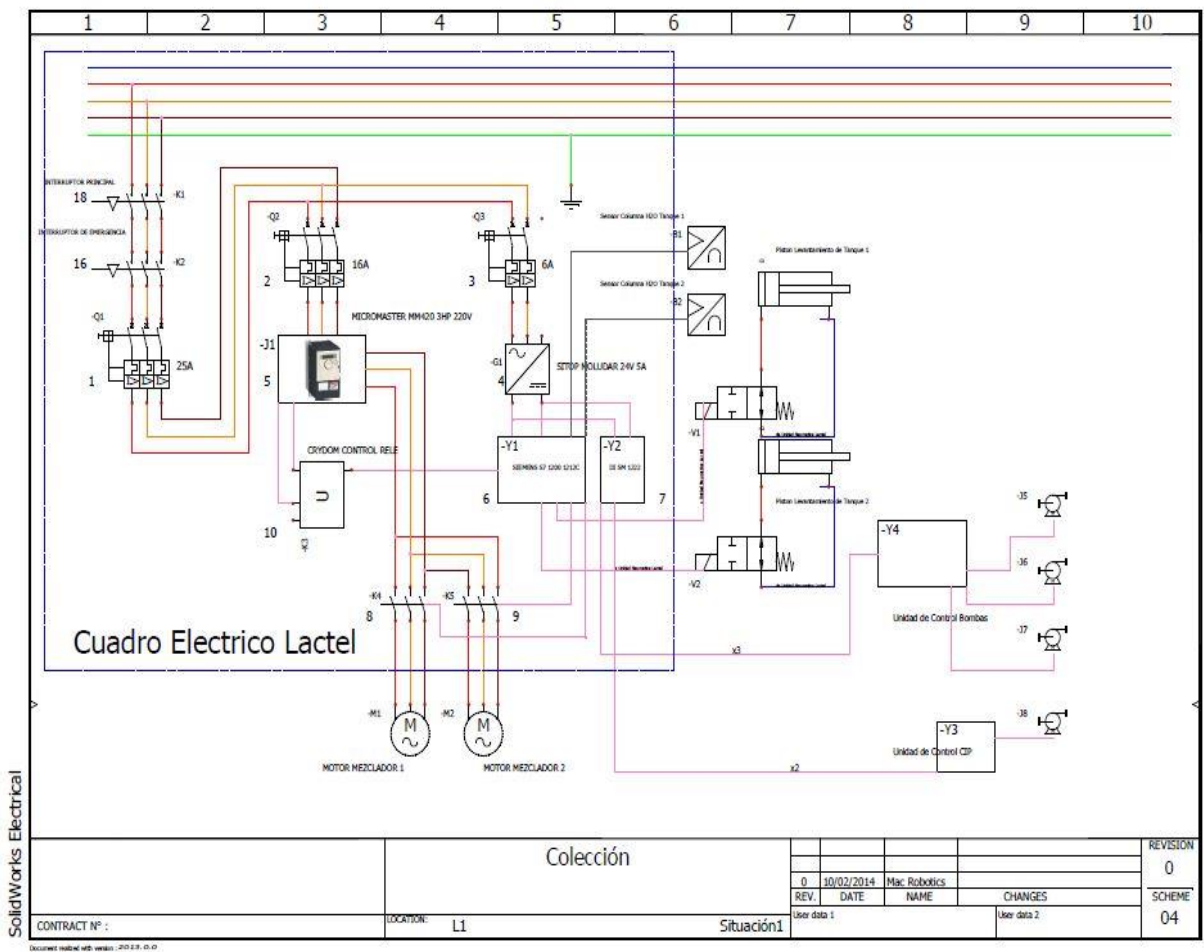


Ilustración 3. 3 Diagrama unifilar eléctrico del mezclado y batido de yogurt con fruta

### 3.4 Descripción de los Componentes del Sistema (Vista Interior del Cuadro Eléctrico)

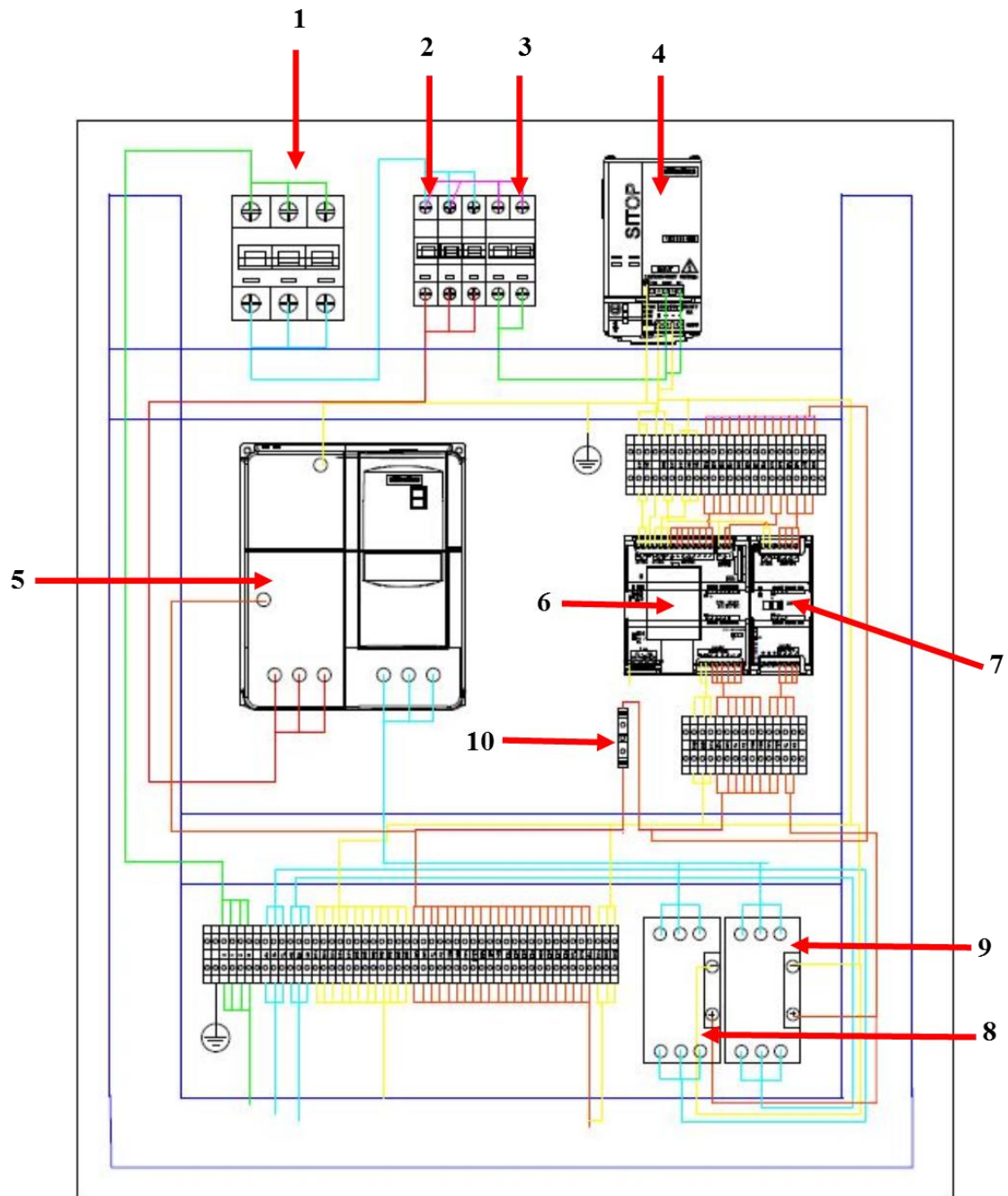


Ilustración 3. 4 Diseño esquemático del cuadro eléctrico.

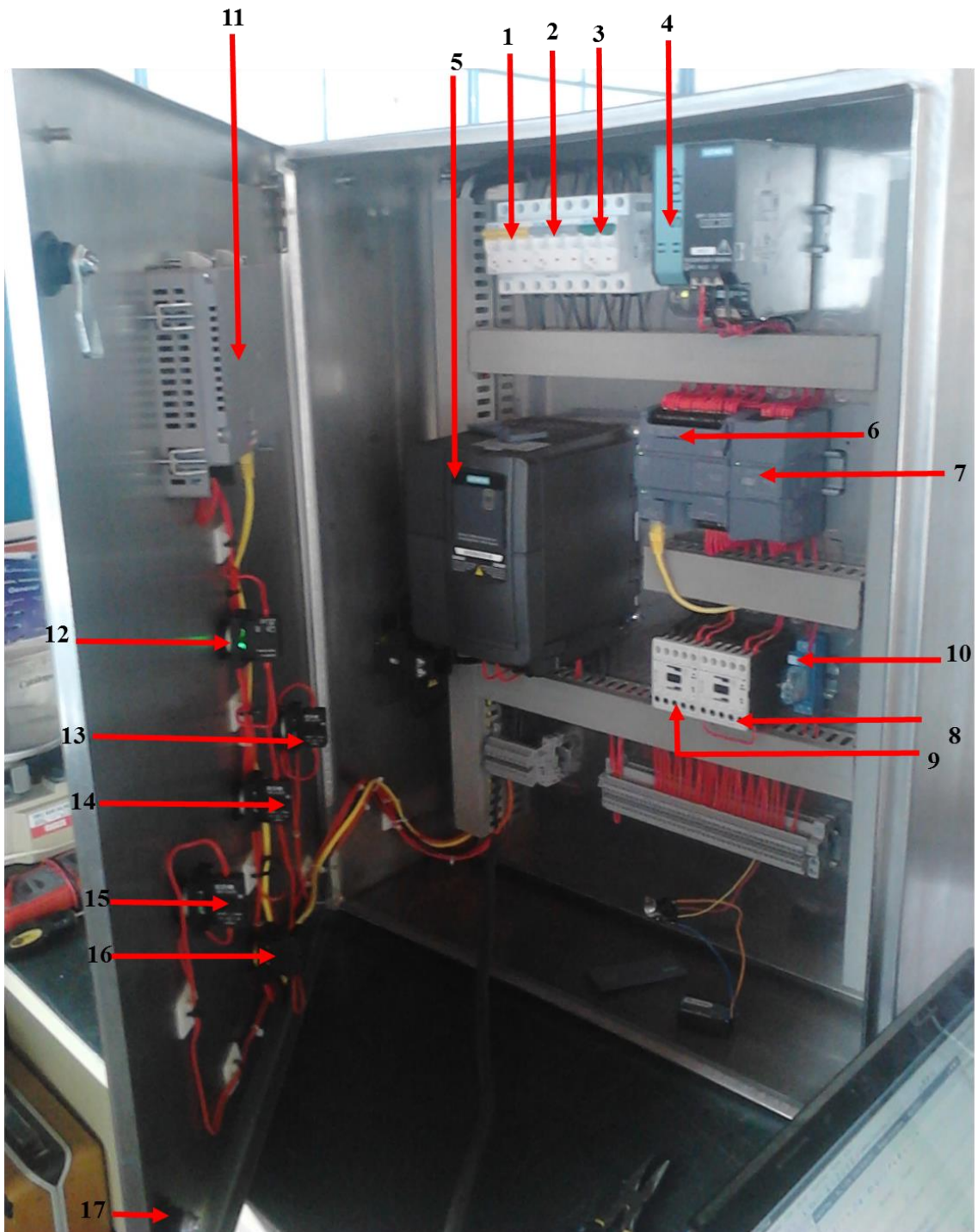


Ilustración 3. 5 Fotografía de la vista interior del gabinete

De acuerdo a la ilustración 3.5, los componentes del cuadro eléctrico son:

**1. Interruptor Termomagnético de 3 Polos a 25A. Modelo pls6-c25/3-mw Marca Moeller**

Es el interruptor principal, encargado de suministrar la alimentación a todo el sistema, está gobernado por el interruptor de emergencia y el interruptor de puesta en marcha. Controla una carga de 25Amperes en línea trifásica.

**2. Interruptor Termomagnético de 3 Polos a 16A. Modelo pls6-c16/3-mw Marca Moeller**

Esta gobernado por el interruptor principal y es el encargado de alimentar las fases de entrada al variador de frecuencia.

**3. Interruptor Termomagnético de 2 polos a 6A. Modelo pls6-c6/2-mw Marca Moeller**

Comandado por el interruptor principal, encargado de suministrar la corriente eléctrica a la fuente modular Sitop.

**4. Fuente de Poder SITOP 24V 5A**

Encargada de suministrar 24V de corriente directa con una demanda de corriente máxima de 5Amperes, alimenta el CPU 1200, el modulo SM 1222 y el sensor IFM PI2098. Esta alimentado actualmente a 220V 2Φ.

**5. Variador Micromaster MM420**

Se alimenta de 220V 3Φ y tiene una capacidad definida para soportar motores de máximo 3HP

**6. PLC Siemens CPU 1200 Modelo 1212C**

Es alimentado por la fuente de poder Sitop a 24V, es el encargado del control del proceso.

**7. Módulo SIMATIC S7-1200, Salidas Digitales SM 1222**

Amplia la capacidad del CPU agregando un puerto de 8 salidas digitales.

**8. Contactor Termomagnético de 3 Polos a 12A. Bobina de 24V. Contacto Auxiliar NO. Modelo pls6-c12/3-mw Marca Moeller**

Encargado de suministrar las 3 fases al motorreductor integrado al tanque 1.

**9. Contactor Termomagnético de 3 Polos a 12A. Bobina de 24V. Contacto Auxiliar NO. Modelo pls6-c12/3-mw Marca Moeller**

Encargado de suministrar las 3 fases al motorreductor integrado al tanque 2.

**10. Relevador Electromagnético**

Encargado de llevar una señal de control al variador de frecuencia.

### 3.5 Descripción de los Componentes del Sistema (Vista Frontal del Gabinete)

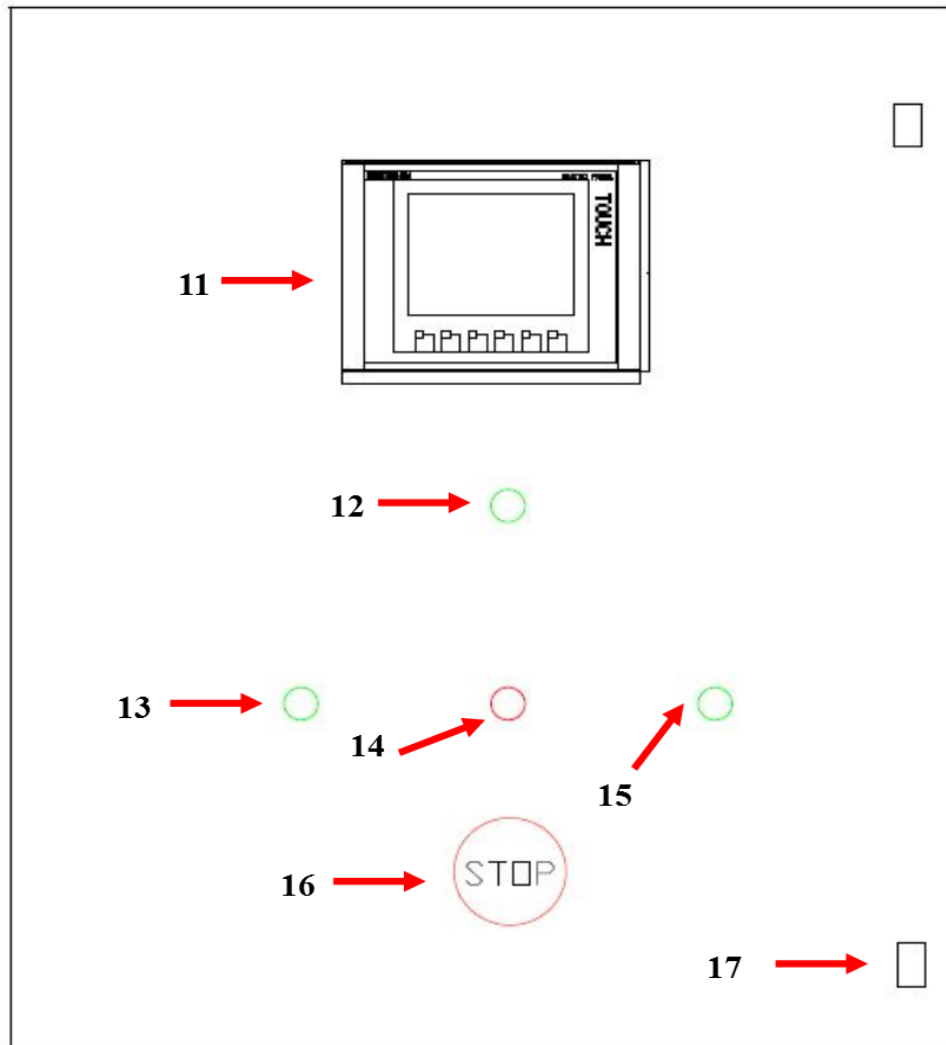


Ilustración 3. 6 Vista frontal del cuadro eléctrico



Ilustración 3. 7 Fotografía de la vista frontal del gabinete



De acuerdo a la ilustración 3.6 y 3.7 los componentes del cuadro eléctrico son:

**11. Pantalla de Mando y Visualización HMI Siemens KTP600PN**

Es la interface entre el usuario humano y la máquina, desde aquí se controla y visualiza el estado del proceso.

**12. Luz Piloto Led “A” (Verde)**

Indica que la maquina se encuentra energizada.

**13. Luz Piloto Led “B” (Verde)**

Indica que la maquina se encuentra activada y que se está ejecutando algún proceso diferente al CIP en el tanque número 1.

**14. Luz Piloto Led “C” (Rojo)**

Indica que la maquina se encuentra desactivada.

**15. Luz Piloto Led “D” (Verde)**

Indica que la maquina se encuentra activada y que se está ejecutando algún proceso diferente al CIP en el tanque número 2.

**15. Paro de Emergencia (Interruptor tipo hongo)**

Detiene en el proceso en su totalidad y solo debe presionarse en caso de emergencia cuando exista algún peligro para el operador u otros humanos.

**17. Cerrojo de Seguridad**

Es un cerrojo mecánico para permitir abrir el gabinete solo por personal autorizado.

**18. Interruptor de Energización General**

Comanda al interruptor termomagnético principal (1) y energiza todo el sistema sin necesidad de abrir el cuadro eléctrico para ponerlo en marcha (véase en la ilustración 3.4).

La elección del autómatas programable de este proyecto estuvo basada en la siguiente tabla de requerimientos.

Proyecto "Mezcladora de Yogurt"

---

Datos para selección de PLC

Digital Inputs 0DI

(1DI) Paro de emergencia

Digital Outputs 13 DQ

(1DQ) Variador de Frecuencia para Motoreductor de 3HP (Motor de Mezclador)

(2DQ) Bomba de Tanques de Fruta

(2DQ) Bomba de Yogurt Natural

(2DQ) Bomba a Llenadoras

(2DQ) Pistón Neumático

(2DQ) CIP

(2DQ) Contactores de selección de motor de tanque.

Analog Inputs 2AI

(2AI) Para sensor de columna de H<sub>2</sub>O (0V-10V)

La CPU 1212C de Siemens ofrece 6 Salidas de transistor, 8 entradas de transistor y 2 entradas analógicas de 0V a 10V con sobrepaso de tensión de hasta 16V en lectura y 40V de tensión de ruptura. Las 6 salidas de este PLC no son suficientes pues se tiene un déficit de 9 salidas, por lo que se optó por comprar un módulo de expansión con las mismas características de integración que nuestro PLC, el modulo adquirido es un Siemens SM1222 DQ de 8 salidas digitales.

### **3.5.1. PLC Siemens S7-1200 1212C**

El controlador lógico programable (PLC) SIEMENS S7-1200 incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, así como circuitos de entrada y salida en una carcasa compacta, conformando así un potente PLC. Una vez cargado el programa en la CPU, ésta contiene la lógica necesaria para vigilar y controlar los dispositivos de la aplicación. La CPU vigila las entradas y cambia el estado de las salidas según la lógica del programa de usuario, que puede incluir lógica booleana, instrucciones de contaje y temporización, funciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros dispositivos inteligentes. La CPU incorpora un puerto PROFINET para la comunicación en una red PROFINET. Los módulos de comunicación están disponibles para la comunicación en redes RS485 o RS232. [23]



*Ilustración 3. 8 PLC Siemens S7-1200*

### 3.6 Lógica de Programación

La siguiente ilustración muestra el diagrama de bloques de la lógica de programación del sistema.

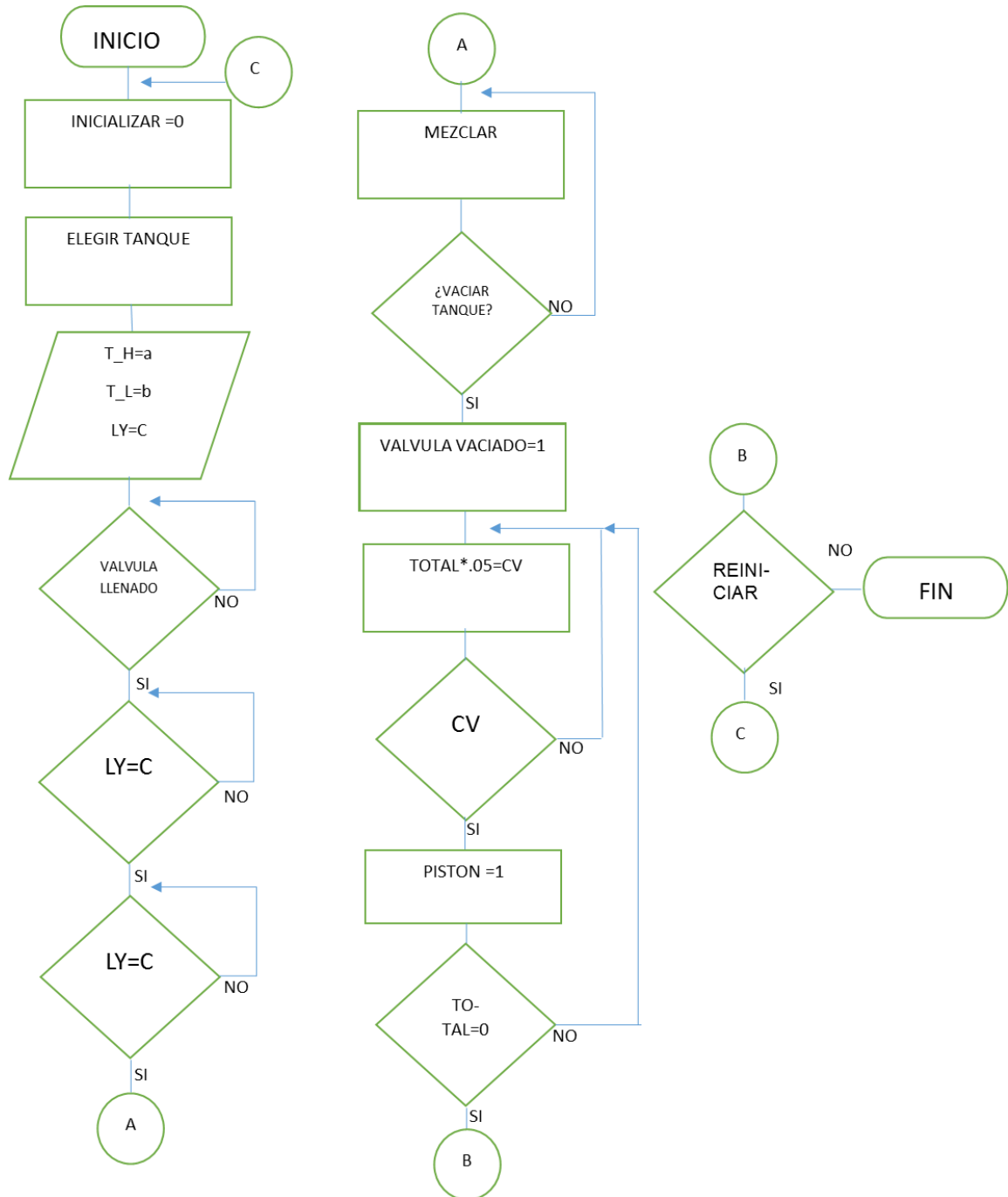


Ilustración 3. 9 Diagrama de flujo de programación del PLC para el proceso de batido y frutado de yogurt

El diagrama 3.10 muestra las subrutinas del programa principal que controla el sistema de mezclado y batido de yogurt.

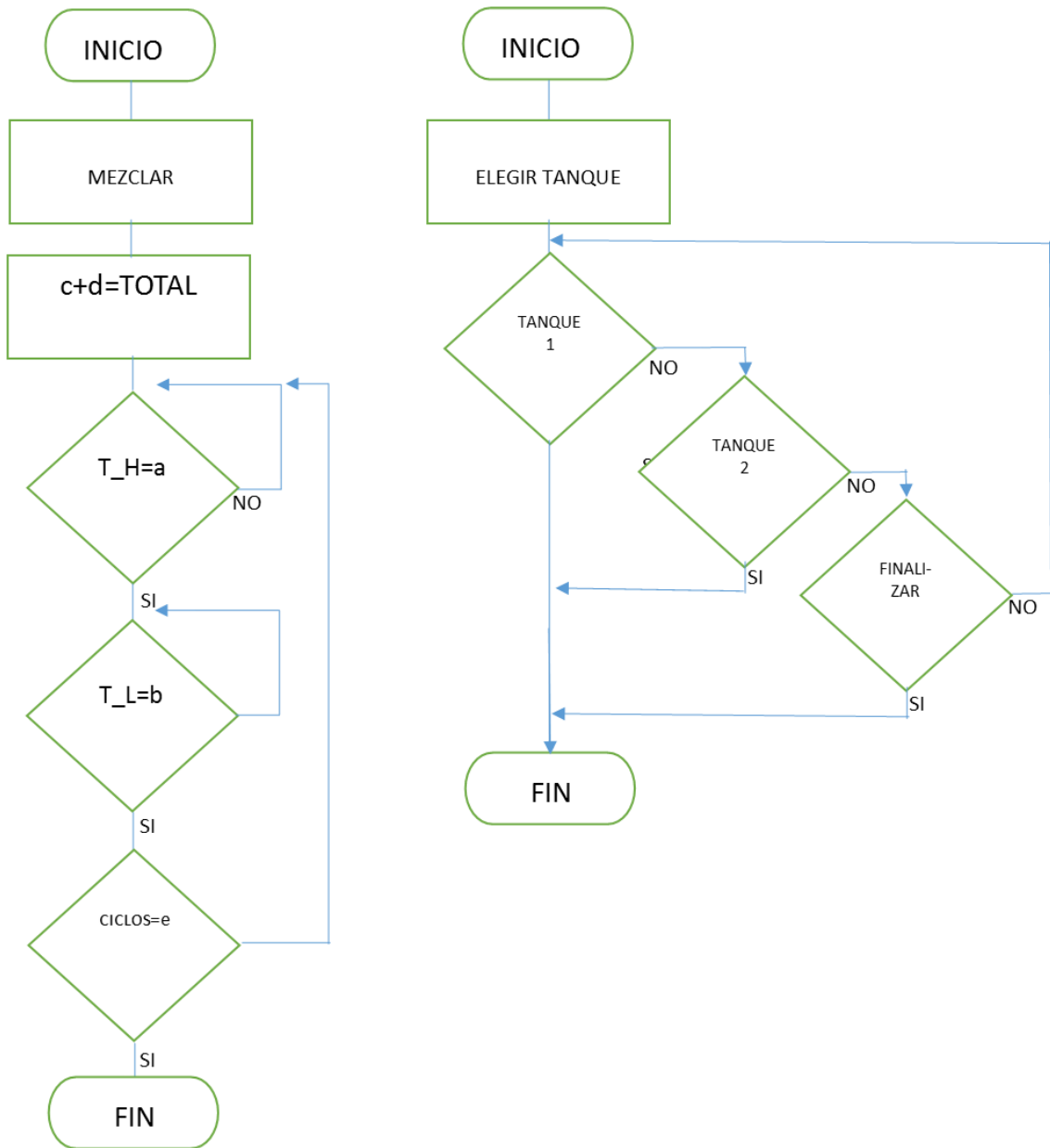


Ilustración 3. 10 Diagramas de flujo de las subrutinas de programación

### **3.7 Programación del PLC**

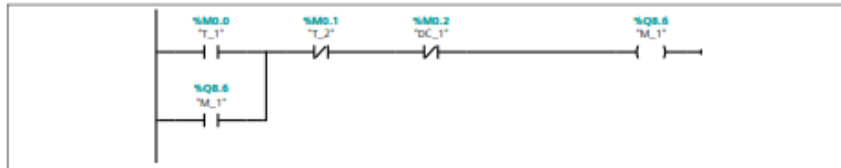
La programación del controlador principal se realizó en diagrama de escalera y la secuencia del programa es la siguiente:

1. El controlador revisa el estado de todas las salidas y las pone a 0 de ser necesario.
2. El panel HMI del operador arranca con un tiempo de espera de aproximadamente 20 segundos a la desconexión total.
3. Una vez cargado el RUN TIME del HMI se despliega la pantalla principal en donde el operador puede comenzar por elegir en que tanque se va a realizar la mezcla, cabe mencionar que la mezcla puede realizarse en cualquiera de dos contenedores horizontales de 1700L de capacidad.
4. El operador sigue un menú de instrucciones claras que le permiten llenar el tanque de yogurt natural en el nivel que el indique.
5. El operador sigue desplazándose por el menú para poder vaciar al tanque algo de fruta de su elección.
6. Finalmente el operador selecciona la densidad final del producto para garantizar una mezcla correcta y lograr un producto de calidad superior al artesanal.

Durante todo el proceso el usuario es asistido de manera clara y con el proceso de manera totalmente gráfica, de esta manera no se pierde detalle del estado de la máquina.

### 3.7.1 Descripción de la Secuencia de Programación

Segmento 1: Tanque 1 Seleccionado



Segmento 2: Tanque 2 Seleccionado

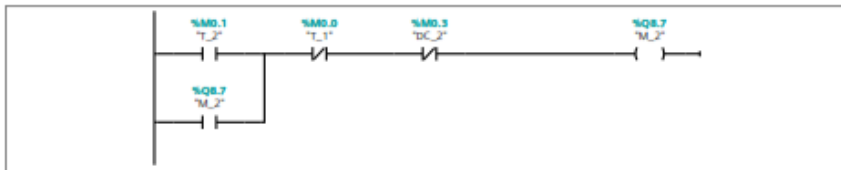


Ilustración 3. 11 segmento de programación 1 y 2

En los segmentos 1 y 2 se realiza la selección del tanque en funcionamiento. La programación para ambos tanques es el mismo, por lo cual elegimos el proceso del tanque 1 para explicar la programación completa del sistema.

Segmento 3: Activar Piston Neumatico tanque 1



Ilustración 3. 12 Segmento de programación 3

Una vez que se ha seleccionado el tanque que estará en funcionamiento (en este caso el tanque 1), se activa automáticamente el pistón neumático (del segmento 3, tanque 1), siempre y cuando cumpla con dos condiciones:

1. Que haya finalizado el proceso del mezclado.
2. Que el tanque se encuentre en un 5% de su capacidad.

**Segmento 5: Activar bomba dispensadora tanque 1**



Ilustración 3. 13 Segmento de programación 5

Las condiciones para activar la bomba dispensadora son:

1. Que el motor no esté en funcionamiento.
2. Que el usuario a través de la pantalla HMI haya activado la opción, haciendo referencia a la memoria M0.5

**Segmento 7: CIP1**



Ilustración 3. 14 segmento de programación 7

Para activar el sistema “clean in place” son necesarias dos condiciones:

1. Que el motor no esté en funcionamiento
2. Que el usuario a través de la pantalla HMI haya activado la opción, haciendo referencia a la memoria M0.6

**Segmento 9: Inyectando Yogurt Natural a Tanque 1**

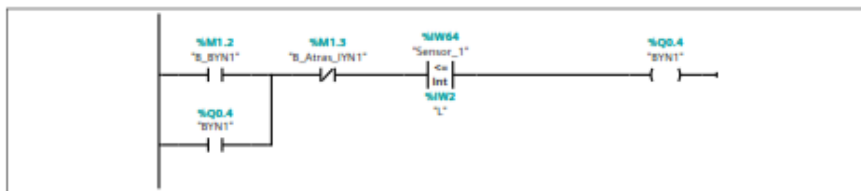


Ilustración 3. 15 Segmento de programación 9

El usuario a través de la pantalla HMI, activa el pulsador que hace referencia a la memoria M1.2. La línea de código se enclava gracias a la salida Q0.4 en modo OR con M1.2. El estado lógico 0 de la salida Q0.4 se logra presionando el pulsador “atrás” en la pantalla HMI o bien, cuando el sensor de presión nos indica que se han alcanzado el nivel de litros de yogurt definido por el usuario.



**Segmento 11: Suma de Kg de Fruta + Lts de Yogurt**

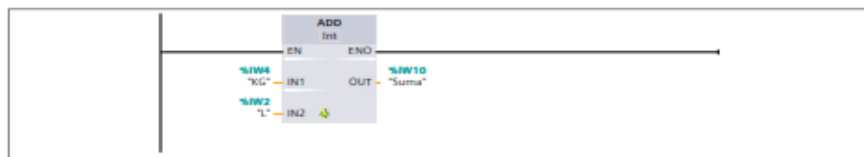


Ilustración 3. 16 Segmento de programación 11

El usuario selecciona en pantalla los kilos de fruta y los litros de yogurt a mezclar, los cuales se suman y el resultado es utilizado por el sensor de presión para saber en qué momento el tanque se ha llenado.

**Segmento 12: Inyectando fruta a Tanque 1**

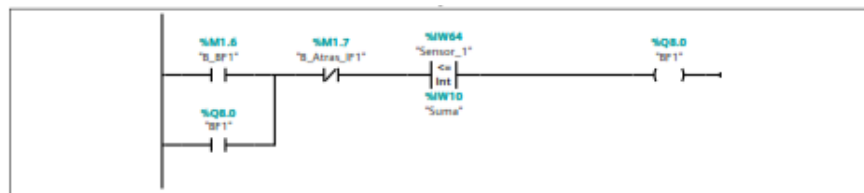


Ilustración 3. 17 Segmento de programación 12

Se solicita en la pantalla HMI que se verifique si la válvula del tanque de fruta seleccionado está abierta, haciendo referencia a la memoria M1.6. Haciendo valida esta instrucción, la salida Q8.0 cambia de estado de 0 a 1 provocando que la bomba de fruta empiece a inyectar. La salida Q8.0 cambia de estado 1 a 0 cuando el nivel de fruta y yogurt son alcanzados o bien, cuando el usuario seleccione en la pantalla el pulsador “atrás”.

**Segmento 14: Mezclando en tanque 1**

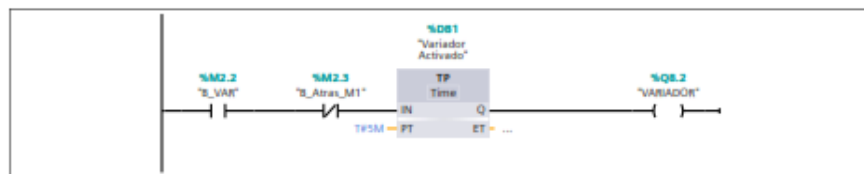


Ilustración 3. 18 Segmento de programación 14

La pantalla HMI despliega un mensaje informando que ya es posible realizar la mezcla, entonces el usuario deberá seleccionar la opción “mezclar” para así iniciar con el proceso y activar la memoria M2.2. Dicho estado provoca que el variador trabaje durante 5 minutos consecutivos.

### 3.8 Banderas entre PLC y HMI

Una bandera es un símbolo digital que permite la identificación de 2 entidades virtuales, en este caso las entidades son: la programación del HMI y la programación del PLC. De tal manera cuando en la siguiente pantalla se toca el botón TANQUE 1 este hace referencia a la memoria M0.0 como se muestra en la línea número 1 del diagrama de escalera.



Ilustración 3. 19 Pantalla de selección de tanque



## 4.2 Costos del Proyecto

En la siguiente tabla se muestra una lista de los artículos principales que conformaron el gabinete de control principal o cuadro eléctrico para el proyecto del mezclador de fruta, prácticamente se incluye en la tabla solo equipos de control, sumando un total de \$ 36,823 pesos mexicanos que no incluyen IVA.

Proyecto LACTEL "MEZCLADOR DE YOGURT Y FRUTA"						
Lista de Materiales						
USO	Unit	Descripcion	Codigo/Modelo	\$ Unitario	TOTAL	
Para fases de entrada de Variador	1	INT. TERMOMAG. 3 POLOS 16A PLS6-C16/3-MW MOELLER	242949	\$ 192.00	\$ 192.00	MXN
Para alimentacion de SITOP	1	INT. TERMOMAG 2 POLOS 6A PLS6-C6/2-MW MOELLER	242874	\$ 155.00	\$ 155.00	MXN
Interruptor Principal	1	INT.TERMOMAG. 3 POLOS 25A PLS6-C25/3-MW MOELLER	242951	\$ 231.00	\$ 231.00	MXN
Principio y Fin de Clemas	6	TOPE FINAL E/UK PHOENIX CONTACT	1201442	\$ 7.00	\$ 42.00	MXN
Bornes de alambrado	100	PUNTERA ROJA CAL.18AWG PHOENIX CONTACT	3200904	\$ 0.28	\$ 28.00	MXN
Paro de emergencia	1	HONGO PARO DE EMERG. PULSAR- GIRAR 1 N.C	KHONGO1	\$ 207.00	\$ 207.00	MXN
Luces de Estado	1	TORRETA MENICS	MT5C5ALRY6	\$ 1,648.00	\$ 1,648.00	MXN
Conmutador de variador a motoreductor	2	INT. TERMOMAG 3 POLOS 12A C/CONTACTOR AUXILIAR	2PI-IHK	\$ 103.00	\$ 206.00	MXN
Clemas	8	CLEMA DE PASO UK5N 24-10AWG PHOENIX CONTACT	3004362	\$ 7.00	\$ 56.00	MXN
Modulo de 8 Salidas 24V	1	SIMATIC S7-1200, DIGITAL OUTPUT SM 1222	6ES72221BF300XB0	\$ 1,495.00	\$ 1,495.00	MXN
Variador de Mezclador	1	VARIADOR MICROMASTER MM420 3HP 220V	6SE64202UC222BA1	\$ 4,914.00	\$ 4,914.00	MXN
Pantalla de Programacion de Variador	1	PANEL DE OPERADOR BASICO MICROMASTER MM	6SE64000BP000AA1	\$ 455.00	\$ 455.00	MXN
Fuente de poder 24v 5A	1	SITOP MODU POWER AC120/230-500V/DC24V /	6EP13333BA00	\$ 2,795.00	\$ 2,795.00	MXN
PLC Siemens CPU 1212C	1	6ES72121AD300XB0 CPU 1212C, COMPACT CPU, DC/DC/DC, ONBOAR	6ES72121AD300XB0	\$ 3,315.00	\$ 3,315.00	MXN
Cable para el sensor de Presion 10mts	1	Cable para el sensor de Presion 10mts	EV005	\$ 2,800.00	\$ 2,800.00	MXN
Sensor de Presion	1	SENSOR DE PRESION IFM PI2098 (-12.4-250mBar; 0-10V)	PI2098	\$ 7,650.00	\$ 7,650.00	MXN
Pantalla de Visualizacion	1	KTP600 PN 5,7" 256 COLORS DISPLAY ETHERN	6AV66470AD113AX0	\$10,634.00	\$10,634.00	MXN
					<b>\$36,823.00</b>	

Ilustración 4. 2 Costos de equipos de control.

## 4.3 Análisis y Resultados

Como se planteó en la hipótesis, la automatización de los procesos ayuda a disminuir los costos de operación y producción. Lo que se logró con este trabajo fue reducir el tiempo de llenado manual de un tanque con conexión y desconexión de tuberías que antes se hacía en un tiempo de 30 minutos, hoy solo depende de una bomba neumática que a una densidad promedio de producto de 1.03 genera un caudal de .003 m<sup>3</sup>/s, lo cual se traduce en 1.8m<sup>3</sup> de producto en el tanque en tan solo 10 minutos. Como primera mejora se tiene un ahorro de tiempo del 66.6% en el llenado del tanque con producto. Una vez llenado el tanque inicia el proceso de mezclado con un tiempo definido por el operador el cual no rebasa los 50 minutos dependiendo si el producto final será un yogurt líquido o un yogurt batido. En estos 50 minutos máximos el motor de 3 HP (eléctricos) genera un consumo promedio de 2.18 kW/h, derivado de este proceso se tiene dentro del tanque 1600 Kg aproximados de yogurt listo para envasar.

El proceso total anterior podría llevar un tiempo de operación máximo de 1 hora y 10 minutos. La mezcla anterior en modo manual se lograba en 3 horas (no continuas).

La pantalla de mando es ahora una herramienta de supervisión sin necesidad de interrumpir el proceso o levantar la tapa del tanque para supervisar la mezcla, dada la implementación del sensor de columna de H<sub>2</sub>O no se tiene la necesidad de supervisar el estado de llenado, además de que este sensor tiene una caratula independiente del sistema de control en donde se puede supervisar en un LCD los litros o kilogramos que se han inyectado de producto al tanque.

El desperdicio por mezcla es menor al .005% del tanque (8.5 Kg de producto por mezcla), gracias al pistón neumático de doble efecto que permite levantar el tanque cuando la capacidad del tanque se encuentre por abajo del 5% de su capacidad. El sistema CIP permite en un tiempo de 50 minutos limpiar por recirculación de agentes limpiadores sin desconectar ninguna tubería, los *spray ball* instalados en los tanques son suficientes para atomizar el agente limpiador por todas las paredes del tanque asegurando su total limpieza. La capacidad de programación del PLC en modo “recetas” permitió que la empresa no solo se limitara a mezclar yogurt sino también a mezclar otros productos alimenticios de densidad parecida a la de yogurt como lo es materia para la fabricación de Gerber ®

#### **4.4 Trabajo Futuro**

La siguiente etapa de este proyecto consiste en cambiar las válvulas que se muestran en la imagen 3.2 por electroválvulas para lograr la automatización total del sistema de mezclado, para ello se tiene contemplada la adquisición de un módulo que brindará 2 Bytes más de salidas para la manipulación de las electroválvulas. Se considera también la renovación de los menús de la pantalla HMI y la colocación de una torreta con estrobo en cada tanque, para poder identificar de manera más intuitiva en que tanque se está realizando el proceso de mezclado y en que tanque se encuentra activo el CIP.

El diagrama unifilar y de planta en conjunto con la descripción visual de los componentes del sistema ayudaran al mantenimiento correctivo y preventivo del sistema.

#### 4.5 Aplicación de Asignaturas del Programa educativo

Algunas de las asignaturas del programa educativo de la licenciatura en electrónica y telecomunicaciones que tuvieron una aplicación directa en el desarrollo de este proyecto son:

- Física
- Química
- Matemáticas
- Calculo vectorial
- Electrónica digital, analógica y de potencia
- Programación
- Sistemas dinámicos
- Redes de telecomunicaciones
- Control
- Instrumentación
- Administración
- Tecnología y sociedad
- Ingles

#### 4.6 Experiencias Educativas Aterrizadas a la Industria

En la elaboración de este trabajo se pudo concluir que los estudios de nivel licenciatura de la carrera de electrónica y telecomunicaciones son sólidos solo a raíz de que el alumno y el maestro encuentren una manera práctica-teórica de abordar los contenidos. De manera concreta quisiéramos hacer énfasis en que cualquier egresado de esta institución puede insertarse al mundo laboral si durante su formación universitaria abordo y domino las herramientas teóricas y prácticas más allá de lograr una excelencia académica en papel.

Depende mucho de la mentalidad del universitario que tan lejos pueda llegar, cuando nosotros estuvimos en la universidad no nos gustaba programar en C/C++, lo vimos como algo de lo que no podíamos sacar ningún provecho, incluso llegamos a pensar que era algo totalmente obsoleto. Semestres más tarde nos animamos a ir a un congreso de Robótica a la ciudad de México, en dicha feria compramos nuestra primera tarjeta de desarrollo con fines educativos basada en un microcontrolador ATMEL de 8bits, a programar en una combinación de C/C++, lo que nos motivó a escribir líneas en este lenguaje de programación fue una revista de proyectos DIY, en ese momento lo que en un principio declaramos obsoleto se nos hizo lo más vanguardista, porque funcionaba a punto y con un nivel de complejidad muy bajo, más tarde nos relacionamos con el mundo de la adquisición de datos, cuya tarjeta de desarrollo antes mencionada nos permitió dar nuestros primeros pasos de adquisición de datos con LabView, apoyados por nuestro compañero y gran amigo Misael Plata.

LabView fue una ventana que maximizo nuestra curiosidad hacia lo que se estaba trabajando en el mundo, en el campo de la electrónica, mecánica, automatización y control, telemetría, protocolos de comunicación digital, comunicaciones RF y satelitales,

Control PID, adquisición de datos, interfaces gráficas, FPGA, sistemas de control embebido y Graphical System Design, es más podríamos decir que gracias a todas estas curiosidades nos destacamos en hacer adquisición de datos para GML (Giant Motors Latinoamerica) Planta Ciudad Sahagun, en nuestro periodo de Servicio Social, también gracias a estos conocimientos fuimos invitados por Inteclac Enterprises Inc. A desarrollar este maravilloso proyecto que acogimos como tema de tesis.

Sin descartar la posibilidad de seguir aprendiendo cosas nuevas, hoy día nos encontramos trabajando en la restauración y automatización de una máquina productora de helado manufacturada en 1990 por Waukesha Cherry-Burrell®, dicho proyecto requiere programar principalmente en PLCs, tarjetas de control y HMIs de Allen Bradley®. Este es el comienzo de una carrera en el mundo del control automático, cosa que desde temprana edad nos fascino ver en las enciclopedias.

## **CONCLUSIONES**

Dados los resultados del proyecto, se afirma que la automatización del proceso de batido y frutado de yogurt a través de la adquisición y procesamiento de señales mediante un PLC y un sistema SCADA, aumenta la productividad y disminuye los costos de operación y producción. Por lo tanto, la hipótesis de este proyecto se acepta.



---

---

## Referencias

- [1] K. Ogata, Ingeniería de control moderna 3a edición, Prentice-Hall, 2000.
- [2] UAM, «UAM,» 28 Agosto 2013. [En línea]. [www.sisman.utm.edu.es/tecnologiadelaleche](http://www.sisman.utm.edu.es/tecnologiadelaleche).
- [3] J. L. C. T., «Introduccion al Mezclado,» 2012. [En línea]. Available: <http://www.monografias.com/trabajos15/mezclado/mezclado.shtml#TIPOS>.
- [4] UNAM, «Operaciones Industriales,» [En línea].
- [5] J. M. Gonzalez, «Diseño de Interfaces Hombre-Maquina,» Barcelona, 2008.
- [6] L. J. Krajewski, Administración de operaciones: estrategia y análisis, México: Pearson Education , 2000.
- [7] Fisica RU, «Fisica RU,» 13 12 2009. [En línea]. [www.fisica.ru/dfmg/teacher/archivos/06\\_instrumentos.ppt](http://www.fisica.ru/dfmg/teacher/archivos/06_instrumentos.ppt).
- [8] Universidad de Oviedo, «ITESCAM,» 2004. [En línea]. Available: <http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r93030.PDF>.
- [9] Editex, «Editex,» 2013. [En línea]. Available: [esbernatguinovart.com/04f\\_electricitat/carpeta\\_arxiu/automatismoseditex.pdf](http://esbernatguinovart.com/04f_electricitat/carpeta_arxiu/automatismoseditex.pdf).
- [10] C. B. Ramon, Sensores y Acondicionadores de señal Problemas Resueltos, México DF: Alfaomega, 2009.
- [11] E. Bossart, roductmanager Instrumentación electrónica de presión, Berlin: WIKA Alexander Wiegand SE & Co, 2010.
- [12] «Robotica Al descubierto,» [En línea]. Available: <http://solorobotica.blogspot.mx/2011/08/actuadores-en-robotica.html>.

- 
- 
- [13] «Bombas LUBOSA,» [En línea]. Available: [http://www.lubosa.com.mx/productos\\_por\\_linea.php?id\\_linea=C01&filtro=Bombas%20Neum%C3%A1ticas%20de%20Doble%20Diafragma](http://www.lubosa.com.mx/productos_por_linea.php?id_linea=C01&filtro=Bombas%20Neum%C3%A1ticas%20de%20Doble%20Diafragma).
- [14] Univeridad Tecnológica de Puebla, «Contactores y Relevadores,» Puebla, 1994, p. 192.
- [15] Marks, «Manual del Ingeniero Mecánico,» México, McGRAW –HILL., 2010.
- [16] TablerosISA. [En línea]. Available: <http://www.isatableros.com/interruptores-termo-magneticos>.
- [17] Biticino. [En línea]. Available: [http://biticino.com.mx/ecatalog/docs/BD04FMX\\_17\\_20.pdf](http://biticino.com.mx/ecatalog/docs/BD04FMX_17_20.pdf).
- [18] R. Cobo, «El ABC de la Automatización,» 2008. [En línea].
- [19] S. AG, «productos para automatizacion y microautomatizacion,» Berlin, Siemens, 2011, p. 1340.
- [20] PI, «PI Profibus-Profinet,» 6 02 2014. [En línea]. Available: [www.profibus.com](http://www.profibus.com).
- [21] U. N. d. Colombia, «Direccion Nacional de Innovacion Acadamica,» 13 Febrero 2014. [En línea]. Available: [www.virtual.unal.edu.co](http://www.virtual.unal.edu.co).
- [22] E. Harper, Protección de Instalaciones Eléctricas Industriales y Comerciales 2da Edición, México: Limusa, 2003.
- [23] Siemens, Manual del Sistema: S7 1200, Berlin: Siemens, 2009.
- [24] E. M. Perez, Automatas Programables y Sistemas de Automatizacion, Barcelona : Marcombo, 2009.